

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

*Кафедра автоматизації
технологічних процесів і
виробництв*

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ з дисципліни

"АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ"

Напрямок підготовки : 6.0902 - інженерна механіка

Спеціальність: 7.090221 - "Обладнання переробних і харчових
виробництв"

Тернопіль – 2013 р.

Лабораторний практикум з курсу “Автоматизація виробничих процесів”
для студентів спеціальності 7.090221/ Укладачі: Я.І.Проць, В.Б.Савків,
О.Л.Ляшук – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – 98 с.

Рецензент: к.т.н., доц. Р.Я. Лещук

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри автоматизації
технологічних процесів і виробництв (протокол № 2 від 12 вересня 2013 р)

Схвалено і рекомендовано до друку Вченою Радою факультету
комп'ютерних технологій Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя (протокол № 2 від 15 вересня 2013 р.).

ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів - це комплекс заходів по розробці нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин, які виконують весь виробничий процес без безпосередньої участі людини. Головний напрямок автоматизації - не тільки звільнення людини від обслуговування машин, які знаходяться на високому технологічному рівні, але і створення високопродуктивних технологічних процесів.

Сьогодні можна з впевненістю стверджувати, що напрямок переобладнання виробництва на основі гнучких автоматизацій всіх його процесів отримав визнання в машинобудуванні. Комплексно автоматизоване машинобудівне виробництво створює умови для одночасного досягнення високої продуктивності і технологічної гнучкості, яка раніше забезпечувалась лише безпосередньою участю людини у виробничому процесі.

Гнучкі виробничі системи отримали поки найбільше поширення в області обробки металів різанням, що пов'язано з більшою підготовленістю ф) області виробництва до впровадження гнучкої технології і автоматизації самих технологічних процесів. В останній час розгортаються роботи в цьому напрямку в заготівельному і складальному виробництвах. Створюються гнучкі виробничі системи, які вимагають не тільки металорізальне обладнання, але і ливарне, ковальсько-пресове, лазерне, складальне і деякі інші типи.

Актуальною є проблема по створенню інтегрованих виробничих систем. Для цього необхідне вирішення ряду важливих наукових і інженерних задач створення технічних і програмних засобів управління, вимірювання, контролю за ходом виробництва, діагностики, маніпулювання оброблюваними деталями, конструювання інструменту, вибір технологічної стратегії.

Причин, які дозволяли в найкоротші терміни розробити принципи створення і впровадження гнучких автоматизованих виробництв, - декілька.

Перша полягає в тому, що ГАВ дозволяє автоматизувати одиничне і дрібносерійне виробництво, але складає сьогодні більше 80% загального об'єму

промислового виробництва. Другою причиною є стрімкий розвиток сучасних засобів обчислювальної техніки, який дозволяє створити виробничі системи, які відрізняються простотою управління і програмування та забезпечують автоматизацію практично всіх ступенів реалізації технологічного задуму - від розробки і конструювання до управління технологічними процесами і плануванням.

Третя, найбільш глибока причина полягає в тому, що гнучке автоматизоване виробництво є по своїй суті новим видом_виробничих сил.

Гнучка виробнича система містить різноманітне технологічне обладнання разом з допоміжними засобами, які забезпечують його роботу в автоматичному режимі на протязі заданого часу і можливість автоматизованої переналадки для виробництва великого числа виробів при змінних розмірах кожної партії.

Виконавчою частиною гнучких виробничих систем являються гнучкі виробничі модулі і роботизовані технологічні комплекси на базі основного технологічного обладнання (ливарного, ковальсько-пресового, механообробного, складального), робототехнічні засоби обслуговування даного обладнання (завантаження-розвантаження, зміна інструменту, пристрої), засобів складування заготовок, деталей, інструментів і технологічної оснастки, транспортно-накопичувальні пристрої, пристрої видалення відходів виробництва.

Об'єднання РТК і ГВМ з автоматизованими складальними і транспортними засобами, а також з деякими допоміжними пристроями дозволяє створювати гнучкі автоматизовані або робототехнологічні лінії, ділянки різноманітного призначення.

Таким чином, гнучкі виробничі модулі і роботизовані технологічні комплекси спільно з іншими автоматизованими засобами забезпечення функціонування є основними виконавчими структурними одиницями сучасного гнучкого автоматизованого виробництва.

Лабораторна робота № 1. ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ДАВАЧІВ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Мета роботи : Ознайомитися з будовою та принципом роботи електростатичних давачів механічних величин, визначити їх статичні й динамічні характеристики.

Теоретичні відомості

Призначення давача – перетворення механічної величини в електричну. Основними видами давачів, які здійснюють це перетворення, є контактні (найпростіші), дротяні, реостатні й потенціометричні.

Дротяні давачі (тензодавачі). Принцип їх дії заснований на зміні опору дроту при його розтягуванні й стискуванні. Тензодавач (рис. 1.1) являє собою тонкий дріт, складений у вигляді решітки й обклеєний з обох боків ізоляційними пластинками з цигаркового паперу. Смугу паперу разом з дротом наклеюють на випробовувану деталь. Дріт виготовляють з нікелю, константану, платино-іридію або інших матеріалів, які володіють високим питомим опором. Діаметр дроту 0,015 – 0,05 мм, довжина 25 – 40 мм. Величина номінального опору тензодавача в межах 50 – 1000 Ом. Ці давачі використовують у вагах типу ВНЗ-5, призначених для вимірювання маси.

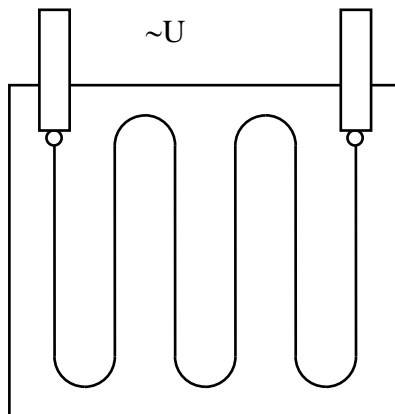


Рис. 1. Схема дротяного давача

Реостатні й потенціометричні давачі. Їх використовують для вимірювання лінійних і кутових переміщень, а також для перетворення в електричний струм і напругу. Перевагою таких давачів є простота конструкції та можливість використання без наступного підсилення, недоліком – наявність ковзаючого контакту, для переміщення якого необхідне значне зусилля.

Схему реостатного давача для лінійних переміщень зображено на рис. 2. При постійному значенні напруги $U = \text{const}$, залежно від довжини x , змінюється сила струму I , який протікає по реостату. Визначимо, за яким законом буде змінюватися сила струму I . Позначимо (рис. 2а) через R повний опір реостата, r – опір частини реостата, по якому протікає струм, l – повна довжина реостата, x – довжина переміщення повзунка реостата. За законом Ома маємо:

$$i = U/r.$$

Для опору r можна записати:

$$r = \frac{R}{l}(l-x) = R - \frac{R}{l}x.$$

Після підстановки значення r отримаємо:

$$i = \frac{U}{R - \frac{R}{l}x},$$

тобто нелінійну гіперболічну залежність сили струму від переміщення. При $x=0$ $i=U/R$; при $x=l$ $i=\infty$ (коротке замикання). На рис. 1.2б зображено залежність сили струму від переміщення для реостатного давача. Через нелінійність статичної характеристики реостатні давачі не отримали широкого

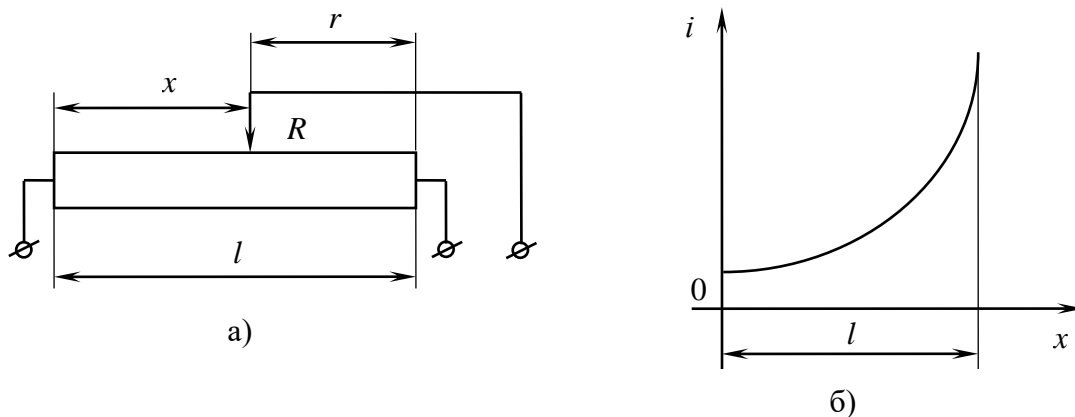


Рис. 2. Реостатний давач: а) схема реостатного давача для лінійних переміщень; б) залежність сили струму від переміщення реостатного давача

застосування.

У більшості випадків використовують потенціометричні давачі (рис. 3а). Якщо потенціометричний давач не навантажувати або навантажувати невеликим опором, то, очевидно, будемо мати лінійну залежність $U=Kx$ де $K=U/l$.

При вмиканні на давач навантаження з опором R_n , співрозмірного за величиною з опором R самого давача, отримаємо спотворення лінійної залежності.

Статичні характеристики потенціометричного давача при врахуванні опору навантаження R_n будуть мати вигляд як на рис. 3б. Максимальне відхилення статичної характеристики від лінійної буде при $x = \frac{2}{3}l$.

Для забезпечення лінійності потенціометричного давача необхідно домагатися виконання умови $R_n \geq R$.

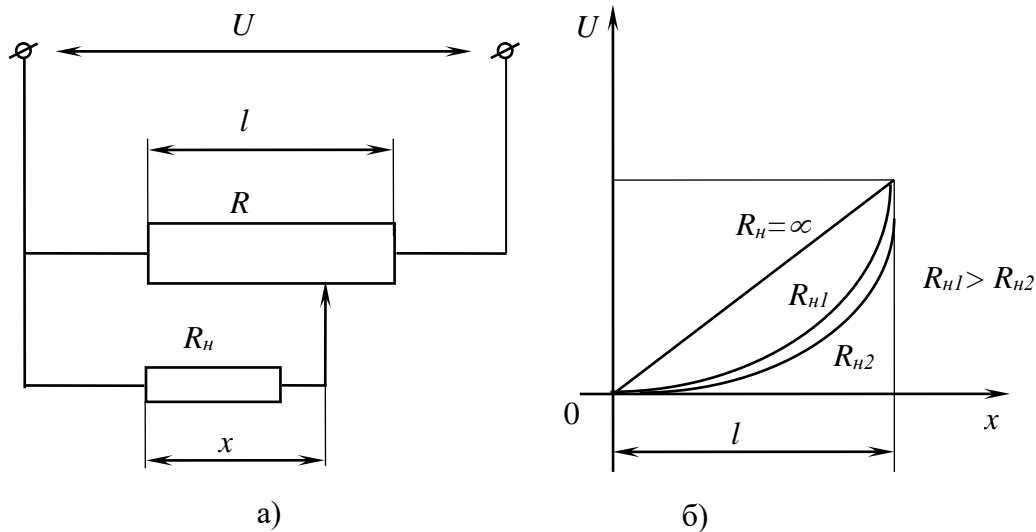


Рис. 3. Датчики механічних величин: а) схема потенціометричного давача; б) електричні характеристики давача

Часто потрібно, щоб потенціометричний давач реагував на знак вхідної величини, тобто змінював полярність напруги, яка знімається, при зміні напрямку переміщення повзунка потенціометра. В таких випадках використовують потенціометричний давач із середньою точкою (рис. 4а). Мостовий потенціометричний давач (рис. 4б) не тільки реагує на знак, але й володіє великою чутливістю.

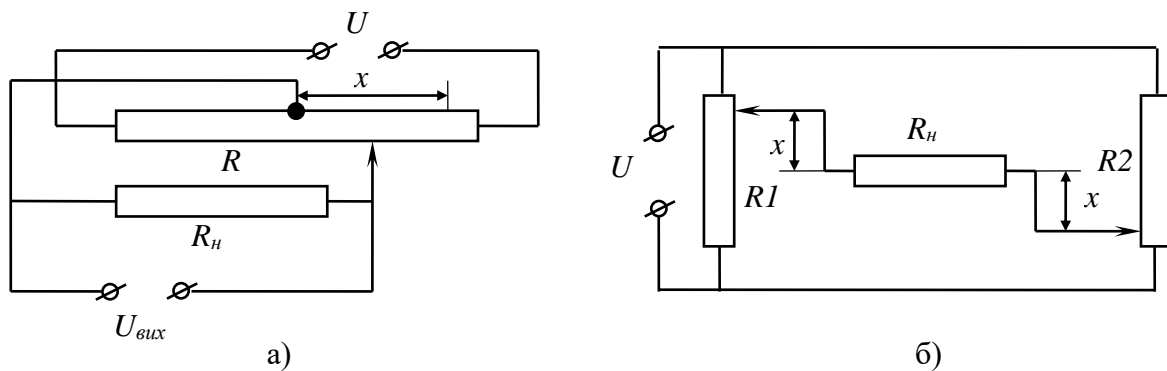


Рис. 4. Схема потенціометричного давача: а) з середньою точкою; б) мостового

Реостатні й потенціометричні давачі можуть працювати як на постійному, так і на змінному струмі. Конструктивно їх виконують у вигляді проводу, намотаного на каркас. Для виготовлення каркасів використовують керамічні матеріали, пластмаси, гетинакс, метали (алюміній, дюраль), покриті лаком або оксидною ізоляцією. Провід виготовляють із константану, ніхром, манганіну, платини.

Потенціометричні давачі широко застосовують у відслідковуючих системах і вказівниках положення (в механізмах позиційного керування), в якості елементів зворотного зв'язку у виконавчих механізмах електронних регуляторів і т.д.

Реостатні й потенціометричні давачі з точки зору теорії автоматичного регулювання є безінерційними ланками з передавальною функцією $W(p)=k$.

Хід роботи

1. Вивчити принципи роботи електростатичних давачів.
2. Ознайомитися з математичними моделями даних приладів.
3. Провести дослідження реостатного та потенціометричного давачів методом математичного моделювання на ЕОМ.
4. Визначити статичні та динамічні характеристики електростатичних давачів механічних величин згідно з таблицею 1.1.
5. Зробити висновки (на основі математичного моделювання) про фізичні процеси в даних приладах та їх властивості й характеристики згідно з теорією автоматичного керування.
6. Оформити звіт.

Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати досліджень (експериментальну криву, криву математичної моделі).
4. Висновки.

Таблиця 1. Параметри реостатного і потенціометричного давачів

Варіант	Реостатний давач			Потенціометричний давач	
	U, B	$R, Ом$	$l, мм$	U, B	$l, мм$
1	10	10	100	100	55
2	20	30	90	90	65
3	30	40	85	80	45
4	40	70	80	70	70
5	50	90	75	60	35

Контрольні запитання

1. Для яких вимірювань використовують потенціометричні давачі?
2. Чи потребують реостатні й потенціометричні давачі підсилення?
3. За якою умовою досягається лінійність потенціометричного давача?
4. На якому струмі можуть працювати давачі?
5. Як впливає на роботу давача нелінійність його характеристики?
6. Яку ланку являють собою реостатні й потенціометричні давачі?
7. Наявність ковзаючого контакту відносять до недоліку чи переваги?
8. З якого матеріалу виготовляють провід для намотування давачів?
9. Коли спостерігається відхилення характеристики давача від лінійної?
10. Які схеми потенціометричних давачів використовують?

Лабораторна робота № 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ П- ТА ПІ-РЕГУЛЯТОРІВ

Мета роботи: Практична реалізація автоматичної системи регулювання вихідної величини фізичної моделі технологічного об'єкта з використанням промислових П- та ПІ-регуляторів, які працюють у режимах оптимальних значень налагоджувальних параметрів.

Теоретичні відомості

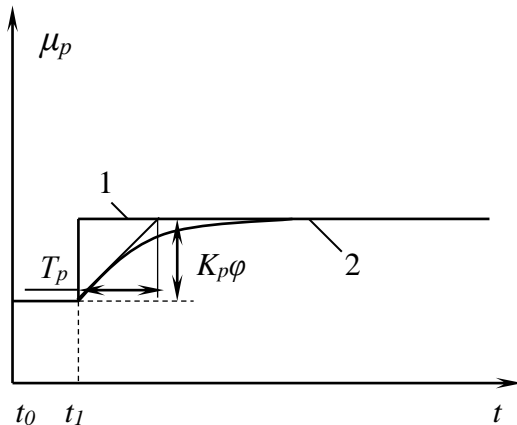


Рис. 1. Часова характеристика пропорційного регулятора при стрибкоподібній зміні вхідної величини: 1) ідеальний регулятор; 2) реальний регулятор

Регулятори, які відпрацьовують П-закон регулювання, називають пропорційними. В них регулюючий вплив x_p пропорційний відхиленню регулюючої величини:

$$\mu_p = K_p \varphi,$$

де K_p — коефіцієнт підсилення регулятора.

Передавальна функція пропорційного регулятора $W_p(p) = K_p$.

Рівняння руху пропорційного регулятора непрямої дії

$$T_p \frac{d\mu_p}{dt} = \varphi - \delta \mu_p$$

$$\text{або } T_p \frac{d\mu_p}{dt} + \mu_p = K_p \varphi,$$

де $T_p = T/\delta$; $K_p = 1/\delta$ — коефіцієнт підсилення.

Часову характеристику пропорційного регулятора зображено на рис. 1. При стрибкоподібній зміні вхідної величини φ вихідна величина μ_p згідно з формулою зміниться також стрибкоподібно (крива 1). Насправді вихідна величина буде змінюватись як зображено на рис. 1 (крива 2). Нехтуючи постійною часу T_p , отримаємо $\mu_p = K_p \varphi$.

Налагоджувальним параметром пропорційного регулятора є величина границі пропорційності δ , обернена коефіцієнту підсилення K_p .

У динамічному відношенні пропорційний регулятор аналогічний безінерційній ланці, тому всі характеристики безінерційної ланки повністю відповідають характеристикам пропорційного регулятора.

При появі в системі регулювання сигналу неузгодженості $\varepsilon(t)$ П-регулятор спрацьовує практично миттєво, тобто система з П-регулятором володіє достатньо високою швидкістю. Однак, якщо при роботі системи величина збурюючого впливу буде змінюватися, то в системі буде підтримуватися задане значення регульованої величини з деякою статичною похибкою. Наявність статичної похибки є недоліком П-регулятора. Якщо за умовами технології процесу допустима деяка статична похибка регулювання, то необхідно застосовувати П-регулятор, тому що статичні системи більш швидкодіючі, стійкі й прості в експлуатації та налагодженні.

Регулятори, які відпрацьовують ПІ-закон регулювання, називають ізодромними. В них регулюючий вплив пропорційний відхиленню та інтеграла від відхилення регульованої величини:

$$\mu_p = K_p \varphi + \frac{K_p}{T_i} \int \varphi dt,$$

де K_p і T_i – відповідно коефіцієнт підсилення й постійна часу, які є параметрами налаштування регулятора.

Ізодромні регулятори скорочено називають ПІ-регуляторами. Вони бувають тільки непрямої дії. ПІ-регулятори є комбінованими регуляторами. В них об'єднані переваги П- та І-регуляторів. У ПІ-регуляторах регулювання здійснюється і за відхиленням, і за інтегралом від відхилення, в результаті чого досягається достатня швидкодія в початковий момент процесу регулювання, підвищена стійкість, властива статичним системам, і відсутня статична похибка, що характерно для астатичних систем.

Регулюючий вплив можна представити в такому вигляді:

$$\frac{d\mu_p}{dt} = K_p \left(\frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{T_i} \int \varphi \right).$$

З наведеного рівняння можна отримати вираз передавальної функції ПІ-регулятора

$$W_p(p) = K_p \left[\frac{(T_i p + 1)}{T_i p} \right].$$

Із отриманого виразу бачимо, що в динамічному відношенні ПІ- регулятор еквівалентний П-регулятору (безінерційна ланка нульового порядку) з коефіцієнтом підсилення K_p та І-регулятору (інтегруюча ланка) з коефіцієнтом підсилення K_p/T_i , які з'єднані паралельно (див. рис. 2). Пунктиром на рисунку обведено регулятор, до складу якого входить підсилювач із передавальною функцією $W_n(p)$.

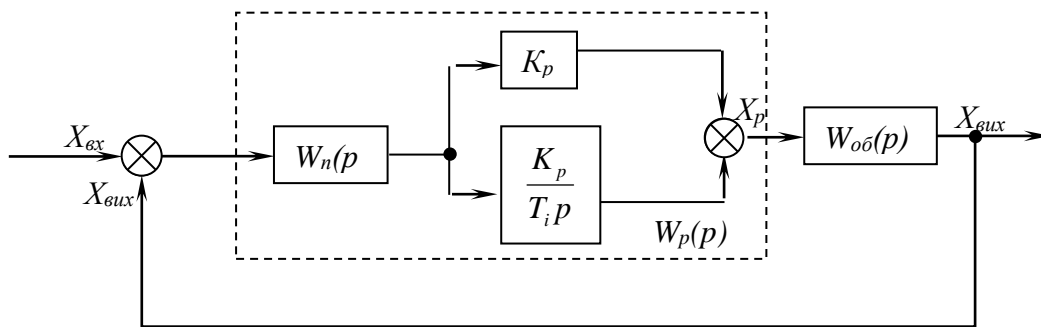


Рис. 2. Структурна схема системи з ПІ-регулятором

Часові характеристики ПІ-регулятора наведено на рис.3. При стрибкоподібній зміні вхідної величини в момент часу t_1 вихідна величина μ_p швидко переходить з початкового положення в нове (з точки A в точку B). Далі проє інтегруюча дія регулятора, яка виє в повільній зміні з постійною швидкістю вихідної величини. Ця швидкість залежить від налагодження часу ізодрома.

На графіка прямій BB_1 відповідає час T_{i1} , а прямій BB_2 – час T_{i2} . Пряма BB_3 відповідає нескінченно тривалому часу ізодрома. В цьому випадку регулятор стає пропорційним.

Час ізодрома за часовою характеристикою визначають наступним чином. Знаходять точки 1 та 2 і визначають відрізок часу від моменту t_1 , протягом якого вихідна величина зміниться під дією механізму ізодрома на значення, що дорівнює відрізку AB . З рисунка бачимо, що в точках 1 та 2 зміна вихідної величини подвоїлася, тому час ізодрома називають ще часом подвоєння. Параметрами налагодження регулятора є коефіцієнт підсилення K_p та час ізодрома T_i .

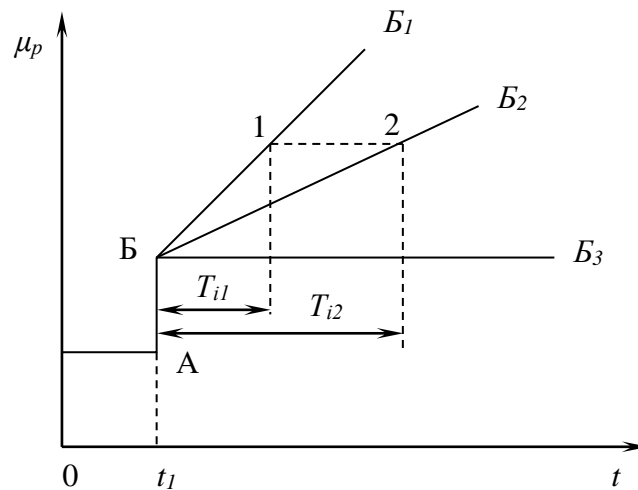


Рис. 3. Часові характеристики ПІ-регулятора

Налагодження П-регулятора

Єдиним параметром, який змінює динамічну характеристику П-регулятора, є його коефіцієнт передавання (підсилення) K_p , якому відповідає зворотна величина – діапазон пропорційності ψ :

$$K_p = \frac{1}{\psi}.$$

Діапазон пропорційності пов'язаний з діапазоном регулювання D_p , який являє собою виражену в процентах частину шкали вимірювального пристрою, в межах якої робочий орган регулятора змінює своє положення від повного відкриття до повного закриття, і шляхом регулюючого органу є залежність

$$\psi = \frac{\frac{D_p}{100} H_{ш}}{100},$$

де D_p – діапазон регулювання, %, $H_{ш}$ – діапазон шкали приладу, од.рег.вел.

Оптимальне значення коефіцієнта передавання регулятора K_p визначають за відомими динамічними характеристиками об'єкта регулювання фізичної моделі теплообмінного апарата:

для аперіодичного перехідного процесу регулювання: $K_p = \frac{0.3}{K_0 \tau_z / T_0}$;

для перехідного процесу з 20-% регулюванням $K_p = \frac{0.7}{K_0 \tau_z / T_0}$;

для перехідного процесу регулювання з мінімальною квадратичною площею відхилення $K_p = \frac{0.9}{K_0 \tau_z / T_0}$.

Оптимальне значення коефіцієнта передавання регулятора можна також визначити за даними табл. 1.

Таблиця 1. Визначення параметрів налагодження П- і ПІ-регуляторів

Показник регулятора	$\tau_z/T_0 < 0.2$		$0.2 < \tau_z/T_0 < 1$		$\tau_z/T_0 > 1$	
	П-регулятор	ПІ-регулятор	П-регулятор	ПІ-регулятор	П-регулятор	ПІ-регулятор
Ψ	$\varepsilon \tau_z$	$1, 1 \varepsilon \tau_z$	$2.6 K_0 \frac{\frac{\tau_z}{T_0} - 0.08}{\frac{\tau_z}{T_0} + 0.7}$	$2.6 K_0 \frac{\frac{\tau_z}{T_0} - 0.08}{\frac{\tau_z}{T_0} + 0.6}$	$2 K_0$	$2 K_0$
T_i	$3, 3 \tau_z$	$2, 5 \tau_z$	---	$\frac{0.8}{\tau_z/T_0}$	---	$0, 6 \tau_z$

В табл. 1 величина $\varepsilon = \frac{v}{\Delta B \tau_z}$ виражена в од.рег.вел./од.збур., величина v визначається за кривою перехідної функції об'єкта регулювання.

Налагодження ПІ-регулятора.

Налагодження регулюючого пристрою, який забезпечує оптимальний перехідний процес регулювання, проводять таким чином. За відомими динамічними характеристиками об'єкта регулювання (рис. 2) визначають швидкість розгону (од.вих.вел./од.вх.вел)

$\varepsilon = \frac{v}{\lambda \tau_z}$, а також коефіцієнт самовирівнювання ξ (од.вх.вел./од.вих.вел)

$$\xi = \frac{\lambda}{\sigma},$$

де v – вихідна величина, од.вих.вел. (визначається за рис. 4.), λ – збурююча дія, од.вх.вел., ξ – вихідна величина об'єкта, од.вих.вел.

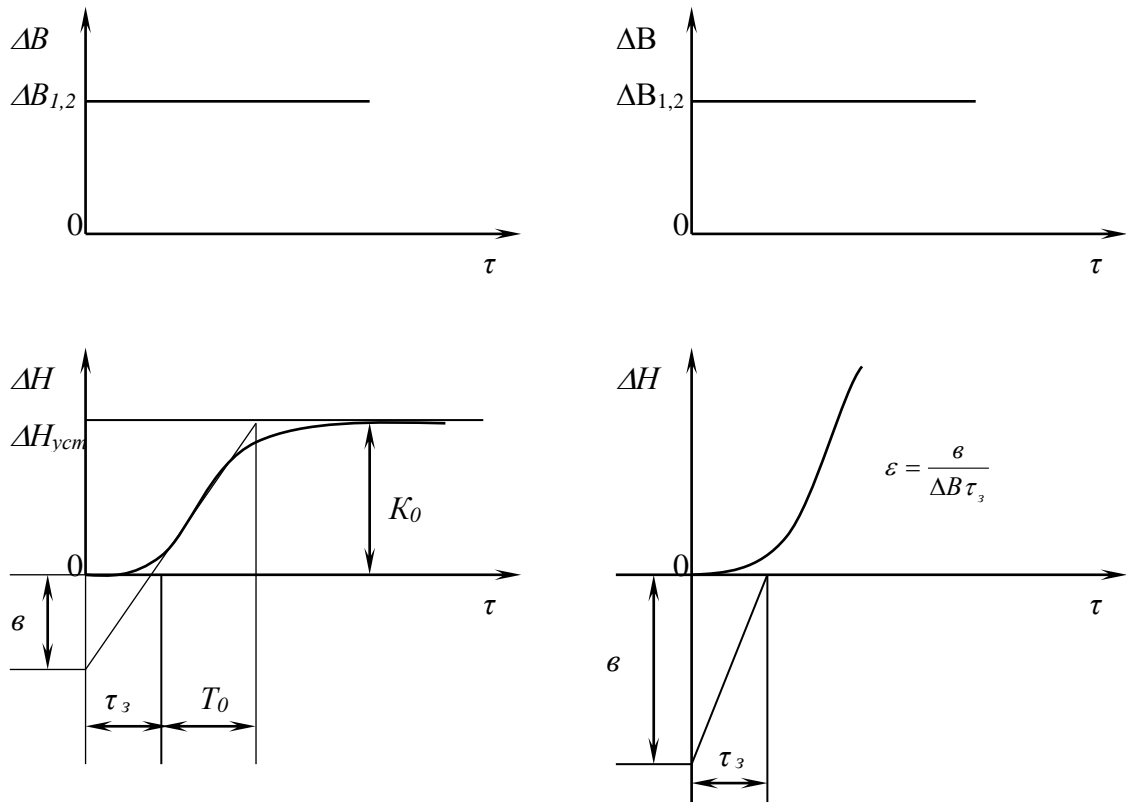


Рис. 4. Криві перехідних процесів об'єктів: а) статичного; б) астатичного

Далі визначають величину добутку ε , τ_3 , ξ і за знайденим значенням знаходять основні параметри динамічного налагодження регулюючого пристрою за виразами:

для випадку $\varepsilon\xi\tau_3 = 0-0,2$ $v_{o.c.} = 1,1\varepsilon\tau_3 s$, $T_i = 3,3\tau_3$;

для випадку $0,2 < \varepsilon\xi\tau_3 < 1,5$ $v_{o.c.} = \frac{2,65}{\xi} \cdot \frac{\varepsilon\xi\tau_3 - 0,08}{\varepsilon\xi\tau_3 - 0,06}$, $T_i = \frac{0,8}{\varepsilon\xi\tau_3} \tau_3$;

для випадку $\varepsilon\xi\tau_3 > 1,5$ $v_{o.c.} = \frac{2 \cdot s}{\xi}$, $T_i = 0,6\tau_3$,

де S – швидкість регулювання од.вел/с, $v_{o.c.}$ – швидкість зворотного зв'язку, од.вел/с.

П-регулятор:

Передавальна функція: об'єкта:

$$W_0(p) = \frac{K_0}{T_0 p + 1};$$

регулятора

$$W_p(p) = K_p.$$

Операторне рівняння САР ($\Delta B(\tau) = \Delta B_0 = const$)

$$\Delta H(\tau) = \frac{K_H \Delta B_0}{1 + K_0 K_p} \cdot \frac{1}{\left(\frac{T_0}{1 + K_0 K_p} p + 1 \right) p}.$$

Перехідна функція САР $h(\tau) \Delta B_0 = 1$ $h(\tau) = \frac{K_H}{1 + K_0 K_p} \left[1 - e^{\frac{-1 + K_0 K_p}{\tau_0} \tau} \right]$.

ІІІ-регулятор:

Передавальна функція: об'єкта

$$W_0(p) = \frac{K_0}{T_0 p + 1};$$

регулятора

$$W_p(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right).$$

Операторне рівняння САР ($\Delta B(\tau) = \Delta B_0 = const$)

$$\Delta H(\tau) = \frac{K_H T_i \Delta B_0}{K_0 K_p} \cdot \frac{1}{\frac{T_0 T_i}{K_0 K_p} p^2 + T_i \frac{1 + K_0 K_p}{K_0 K_p} p + 1}.$$

Перехідна функція САР $h(\tau) \Delta B_0 = 1$

При $1 > 4T_0 K_0 K_p$

$$h(\tau) = \frac{K_H}{T_0} \cdot \frac{e^{p_1 \tau} - e^{p_2 \tau}}{p_1 - p_2},$$

$$\text{де } p_{1,2} = \frac{-(HK_0 K_p) \pm \sqrt{(1 + K_0 K_p)^2 - 4 \frac{T_0 K_0 K_p}{T_i}}}{2T_0}.$$

Таблиця 2. Параметри налагодження ІІІ-регулятора

Варіант	S, од.вим/с	ΔB	σ	λ
1	0,6	1,0	0,5	1,0
2	0,7	1,2	0,7	1,2
3	0,8	1,3	1,0	1,3
4	0,9	1,4	7,0	1,4
5	1,0	1,5	10,0	1,5
6	1,1	1,6	20,0	1,6
7	1,2	1,7	40,0	1,7
8	1,3	1,8	70,0	1,8
9	1,4	1,9	100,0	1,9
10	1,5	2,0	130,0	2,0

$$h(\tau) = \frac{K_H}{T_0} \cdot e^{\alpha \tau} \sin \beta \tau;$$

$$\alpha = -\frac{1 + K_0 K_p}{2T_0};$$

$$\beta = \frac{\sqrt{4 \frac{T_0 K_0 K_p}{T_i} - (1 + K_0 K_p)^2}}{2T_0},$$

де S – швидкість регулювання, од.вим/с; ΔB – вхідне збурення, од.вим.;
 σ – вихідна величина об'єкта, од.вих.вел; λ – збурюючий вплив.

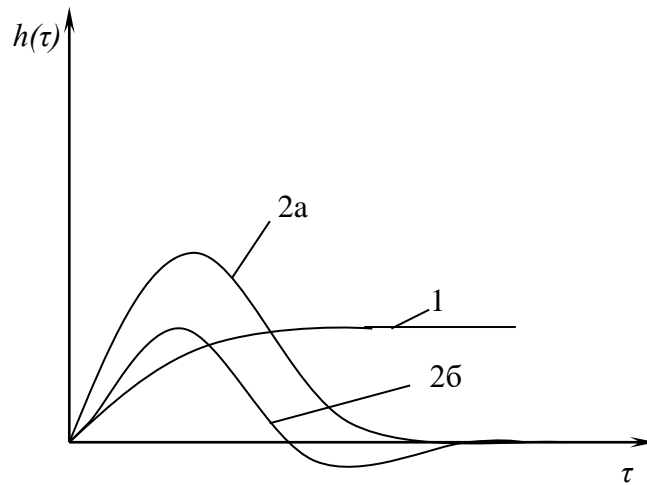


Рис. 5. Перехідні функції лінійних САР

Хід роботи

1. Вивчити принципи роботи П- та ПІ-регуляторів.
2. Ознайомитися з їх математичними моделями.
3. Провести дослідження регуляторів методом математичного моделювання на ЕОМ.
4. Визначити статичні та динамічні характеристики П- та ПІ-регуляторів.
5. Зробити висновки (на основі математичного моделювання) про статичні та динамічні характеристики П- та ПІ-регуляторів згідно з теорією автоматичного керування.
6. Оформити звіт.

Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати досліджень.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Класифікація САР за характером регулювання.
2. Структура автоматичного регулятора.
3. Переваги й недоліки П-регуляторів.
4. Переваги й недоліки ПІ-регуляторів.
5. Динамічні характеристики П-регуляторів.
6. Динамічні характеристики ПІ-регуляторів.
7. Передавальна функція П- і ПІ-регуляторів.
8. Параметри налагодження регуляторів.
9. Структурна характеристика П- і ПІ-регуляторів.
10. Реальні й ідеальні регулятори.

Лабораторна робота № 3. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НАЛАГОДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА

Мета роботи: На основі експериментальних даних провести вибір типового регулятора та розрахувати його основні параметри налагодження.

Теоретичні відомості

Класифікація автоматичних регуляторів

За характером регулюючої дії регулятори бувають прямої і непрямой дії. Регулятори прямої дії – пристрої, які для приведення в дію регулюючого органу не потребують сторонніх джерел енергії. Їх застосовують у тих випадках, коли для приведення в дію регулюючого органу не потрібно великих зусиль і чутливий елемент володіє необхідною для цього потужністю.

Регулятори непрямой дії – пристрої, які для переміщення регулюючого органу потребують додаткової енергії, яку підводять ззовні.

За видом енергії, що використовується, регулятори поділяють на електричні, пневматичні, гідравлічні й комбіновані.

За способом дії регулятори бувають безперервної і перервної (дискретної) дії. Якщо відхилення регульованої величини безперервне й регулятор здійснює безперервне переміщення регулюючого органу, то такий регулятор називають регулятором безперервної дії. Регулятори, у яких при безперервному відхиленні регульованої величини регулюючий вплив змінюється через деякі проміжки часу, називають регуляторами перервної дії. До них відносять релейні та імпульсні регулятори.

Залежно від підтримання потрібної регульованої величини в часі регулятори поділяють на стабілізуючі, програмні й відслідковуючі.

Стабілізуючі регулятори підтримують регульовану величину навколо деякого постійного значення. Якщо необхідно змінити задане значення регульованої величини, то це можна здійснити вручну з допомогою задатчика. Стабілізуючі регулятори знайшли широке застосування у харчовій промисловості. В програмних регуляторах регульована величина змінюється в часі за раніше заданою програмою, яка визначається ходом технологічного процесу за допомогою спеціальних задатчиків. Відслідковуючі регулятори змінюють значення регульованої величини в часі відповідно до змін будь-якої величини, що впливає на задатчик регулятора.

Залежно від характеру вхідного сигналу, тобто від того, який показник ходу технологічного процесу використовується керуючим пристроєм, регулятор відпрацьовує той чи інший вид вихідного сигналу, що використовується для регулюючого впливу на об'єкт. Характер регулюючого впливу називають законом регулювання. Математично закон регулювання виражається алгебраїчним або диференціальним рівнянням і визначається умовами забезпечення стійкості системи й надання потрібної якості процесу регулювання.

За відпрацьовуваним законом регулювання регулятори поділяють на пропорційні, диференціальні, ізодромні, ізодромні з випередженням.

Вибір регуляторів

У практиці автоматичного регулювання промислових об'єктів особливе значення має правильний вибір регуляторів і розрахунок їх оптимальних налагоджень. Ці завдання вирішують на стадії проектування системи автоматичного регулювання (САР) і уточнюють у процесі налагодження регуляторів безпосередньо на працюючому об'єкті.

Цілі, які реалізуються в процесі вибору регуляторів і розрахунку їх оптимальних налагоджень, зводяться до того, що:

- САР і регулятори, які входять до неї, повинні відповідати технологічним і експлуатаційним вимогам даного виробництва і режимним умовам регульованого об'єкта;
- система повинна бути стійкою при найхарактерніших збуреннях, властивих об'єкта;
- повинна бути забезпечена потрібна якість процесу регулювання в динамічному й статичному станах системи, включаючи динамічну точність при безперервно-змінних збуреннях, експлуатаційну надійність, мінімальну вартість й економічну ефективність.

При виборі регуляторів і їх налагодженні потрібно враховувати максимально можливі збурення в умовах правильної експлуатації, але у деяких випадках систему можна перевірити при аварійних збуреннях.

Збурення можуть бути тривалі, які за часом перевищують період регулювання, і короткочасні пікові. Тривалі збурення бувають стрибкоподібні й безперервно-монотонні. Характер збурень практично можна оцінити шляхом систематичних спостережень за роботою об'єкта за записами реєструючих пристроїв.

Методика проектування САР в частині вибору раціонального типу регулятора і розрахунку параметрів його налагоджування визначає таку орієнтовану послідовність вирішення цього завдання, яка може змінюватися, наприклад, при постановці спеціальних досліджень, моделюванні і т. п.:

- ❖ Складають спрощену технологічну схему регульованого об'єкта й визначають умови його регулювання.
- ❖ Із технологічних умов вибирають регульовані величини кожної ділянки об'єкта і оцінюють необхідну точність їх підтримання.
- ❖ З'ясовують динамічні характеристики об'єкта на основі наявних даних або визначають їх експериментально одним із відомих методів.
- ❖ Визначають збурюючі дії для даного об'єкта та їх характер.
- ❖ На основі даних про динамічні характеристики об'єкта у передбаченні вибору спочатку одноконтурної САР встановлюють тип регулюючої дії – перервне релейне або безперервне.
- ❖ Встановлюють показники потрібної якості перехідного процесу.
- ❖ Залежно від характеру регулюючої дії й на основі прийнятого типу перехідного процесу та показників якості встановлюють тип регулятора (закон регулювання) й перевіряють його придатність для прийнятих умов.

- ❖ Якщо прийнятий тип регулятора не задовольняє вимоги, аналізують питання про можливість покращення динамічних характеристик ланок системи.
- ❖ Якщо заходи з покращення динамічних характеристик ланок системи не забезпечують стійкості та якості процесу регулювання, то переходять до аналізу імпульсного або багатоконтурного регулювання, шукаючи його раціональний варіант.

Далі вибирають вид енергоносія, конкретний конструктивний тип регулятора; вибирають і розраховують виконавчий механізм і регулюючий орган, встановлюють їх статичні характеристики.

Вибір регулюючої дії проводять за співвідношенням часу запізнення об'єкта $\tau_{об}$ і постійної часу $T_{об}$ за такою системою:

- при $\tau_{об}/T_{об} < 0.2$ – релейний регулятор;
- при $0.2 < \tau_{об}/T_{об} < 1$ – регулятор безперервної дії;
- при $\tau_{об}/T_{об} > 1$ – імпульсний регулятор або безперервний зі зміною динаміки.

Для оцінювання якості перехідного процесу відповідно до технологічних і експлуатаційних вимог із урахуванням техніко-економічних міркувань оптимальним може виявитися процес із різним характером перехідної функції.

Для реальних умов перехідні функції процесу регулювання можуть наближатися до обмеженого числа типових перехідних процесів, один із яких буде близьким до оптимального для даного конкретного об'єкта.

Такими типовими процесами є (рис. 1):

- ❖ граничний аперіодичний із перерегулюванням, що дорівнює нулю, мінімальним часом регулювання $t_{p,min}$ і максимальним динамічним відхиленням (рис. 1а);
- ❖ із 20%-ним перерегулюванням при мінімальному часі першого півперіоду коливання t_{min} і дещо меншим динамічним відхиленням (рис. 1б);
- ❖ із 40-50%-ним перерегулюванням або з мінімальною квадратичною інтегральною оцінкою $\min \int x^2 dt$, що дає найменше відносне динамічне відхилення, але збільшений час регулювання (рис. 1в).

Після вибору одного з типових перехідних процесів, використовуючи вихідні дані, визначають задане значення динамічного коефіцієнта регулювання, який характеризує максимальне динамічне відхилення.

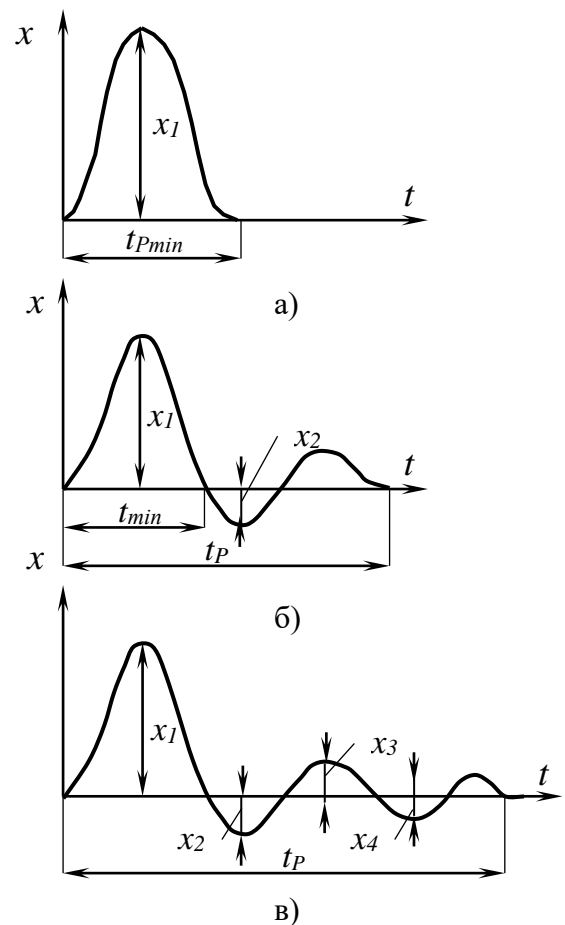


Рис. 1. Типові перехідні процеси

Динамічний коефіцієнт регулювання для статичних об'єктів R_d являє собою відношення максимально допустимого відхилення регульованої величини x_1 у перехідному періоді, викликане деяким одноразовим стрибкоподібним збуренням, до відношення x_0 при такому ж збуренні, але без регулюючої дії:

$$R_d = \frac{x_1}{x_0} = \frac{x_1}{k_{об} \mu_{зб}},$$

де $k_{об}$ – коефіцієнт передавання об'єкта, $\mu_{зб}$ – найбільша величина стрибкоподібного збурення, в % ходу регулюючого органу.

На основі табличних даних R_d для типових перехідних процесів при різних значеннях $\tau_{об}/T_{об}$ вибирають тип регулятора.

Після вибору регулятора треба перевірити, чи забезпечує він потрібний час регулювання при вибраному перехідному процесі. У протилежному випадку необхідно вибрати складніший тип регулятора.

Фактичний час регулювання перевіряють за залежністю між відносним часом регулювання $t_p/\tau_{об}$ і відношенням $\tau_{об}/T_{об}$ об'єкта.

Хід роботи

Лабораторну роботу слід виконувати з використанням ЕОМ. Програма виконана в діалоговому режимі.

Для виконання лабораторної роботи необхідно отримати допуск.

- Після отримання допуску на моніторі з'явиться вікно-меню:

○ Вибір варіанта роботи
○ Графічне зображення даних
○ Числове зображення даних
○ Про програму
○ Вихід із програми

- Переміщення курсору між пунктами меню здійснюється клавішами "↑" або "↓".
- Вибирати пункт "Вибір варіанта роботи", у якому вибирається варіант виконання (від 1 до 5) лабораторної роботи і відповідні йому числові дані.
- У пункті "Графічне зображення даних" наведено графіки експериментальної кривої та математичної моделі.
- У пункті "Числове зображення даних" проводиться вибір типу перехідного процесу з подальшим вибором регулятора й розрахунком параметрів його налагодження.
- Після завершення виконання лабораторної роботи слід вибрати пункт "Вихід із програми".

Варіанти завдань лабораторної роботи

Вимоги до системи автоматичного регулювання рівня відображено в табл. 1, де:

 $\Delta H_{ст.з.ад}$ – допустима статична похибка регулювання;

- ✚ $\Delta H_{\max.ЗАД}$ – максимальна динамічна похибка регулювання;
 ✚ $t_{РЕГ}$ – час регулювання.

Таблиця 1. Вимоги до системи автоматичного регулювання

Варіант	Збудження μ , % ходу регулюючого органу		Показники якості регулювання в абсолютних значеннях		
	μ_1 (плавне)	μ_2 (стрибкоподібне)	$\Delta H_{СТ.ЗАД}$	$\Delta H_{\max.ЗАД}$	$t_{РЕГ}, c$
1	10	10	0,10	0,15	84
2	10	15	0,15	0,15	180
3	20	15	0,15	0,20	156
4	20	20	0,10	0,15	240
5	10	15	0,15	0,20	120

Таблиця 2. Дані експериментальної кривої розгону

Параметр	Час, t (с)											
	0	20	40	60	100	160	200	250	400	500	1000	3000
H, m	1,003	1,012	1,030	1,079	1,109	1,138	1,168	1,182	1,189	1,193	1,197	1,200

Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати досліджень.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення регулятора.
2. Як класифікують регулятори залежно від підтримування потрібної регульованої величини в часі?
3. Що називають законом регулювання?
4. Який зміст коефіцієнта динамічного регулювання?
5. Класифікація регуляторів за характером дії.
6. Класифікація регуляторів за відпрацьованим законом регулювання.
7. Що називають перерегулюванням?
8. Дайте визначення перехідного процесу.
9. Етапи підбору регуляторів.
10. Структурні схеми системи автоматичного регулювання.

Лабораторна робота № 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ НЕПЕРЕРВНОГО ДОЗУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи: забезпечити процес неперервного дозування з урахуванням взаємодії його з усіма елементами об'єкта й автоматичного регулятора. На основі вихідних даних представити динаміку функціонування автоматичної системи дозування. Вибрати раціональну структуру дозатора й на його основі визначити елементи контуру керування. Провести статистичний аналіз отриманих результатів.

Теоретичні відомості

Неперервне дозування – це складний технологічний процес, що забезпечує необхідну продуктивність – масову витрату сипучих матеріалів і рідин. Процесом неперервного дозування необхідно керувати так, щоб забезпечити високу якість суміші дозованих компонентів і якість напівфабрикату або готової продукції.

Завдання автоматизації процесу дозування:

1. Побудувати процес неперервного дозування з урахуванням його взаємодії з усіма елементами об'єкта керування й керуючого пристрою.
2. На основі аналізу інформації, яка характеризує динаміку функціонування автоматичної системи дозування, вибрати раціональну структуру дозатора, елементів контуру керування.
3. Визначити оптимальні параметри для налагодження регулятора.

Одним із основних елементів у системі автоматичного регулювання (САР) витрат матеріалу, що дозується, власне, об'єкт регулювання – дозатор. Тому першим етапом вивчення процесу дозування є дослідження автоматизованого об'єкта й визначення його придатності до автоматизації.

Дозатор як об'єкт регулювання – це сукупність живильника й вантажопідйомного пристрою – вагового конвеєра.

Автоматичне безупинне вагове дозування матеріалу проводиться бункерними і стрічковими дозаторами. Принцип дії бункерного дозатора безупинної дії заснований на вимірі чутливим елементом 2 і вимірювальним перетворювачем часу 4 зміни витрати матеріалу 5 із живильника в часі й на інтегруванні його інтегратором 3 в міру завантаження або випорожнення бункера 1 (див. рис. 1).

У дозаторах бункерного типу витрата матеріалу з бункера пропорційна зміні маси дозованого матеріалу M у бункері, тобто

$$Q = c \frac{dM}{dt},$$

де c – коефіцієнт пропорційності.

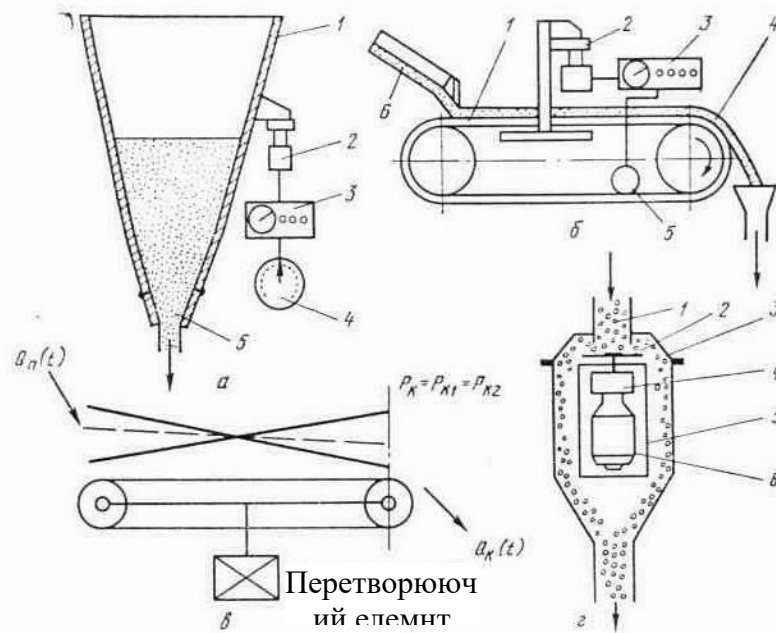


Рис. 1. Схеми безупинного виміру витрат і дозування матеріалів: а) бункерний дозатор; б) стрічковий дозатор (1 – вантажопідіймний конвеєр; 2 – чутливий елемент ваг; 3 – інтегратор; 4 – матеріал; 5 – вимірювальний перетворювач швидкості стрічки; 6 – живильник); в) характеристики розподілу витрати живильника при однаковому середньому P_k і різноманітних значеннях витрат Q_k на виході; г) схема масового витратоміра (1 – патрубок; 2 – ротор; 3 – кожух; 4 – редуктор; 5 – кожух привода; 6 – електродвигун)

Особливість дозаторів бункерного типу в тому, що в них безупинна витрата матеріалів здійснюється при періодичному завантаженні вагового вантажопідіймного бункера. Якщо відомо час циклу завантаження T дозатора, то продуктивність $Q=M/T$, де M – маса матеріалу, що завантажується за один цикл.

Бункерні дозатори безупинної дії можна застосовувати для роботи з сипучими матеріалами й рідинами. Сталість витрати матеріалу підтримується автоматичною системою регулювання.

Принцип дії стрічкових вагових дозаторів безперервної дії заснований на перетворенні вантажопідіймним пристроєм – стрічковим ваговим конвеєром – витрати живильником матеріалу $Q_n(t)$, що подається, в силу ваги $P_k(t)$, яка є функцією часу t .

Продуктивність стрічкового дозатора $Q_d(t)$, яка дорівнює продуктивності вагового конвеєра $Q_k(t)$, в сталому режимі визначається з умови

$$Q_d = Q_{жс} = Q_k = cqv_k,$$

де c – коефіцієнт пропорційності, що залежить від типу вантажопідіймального пристрою; q – навантаження, $кг/м$; v_k – швидкість прямування стрічки конвеєра,

$м/с$.

Вантажоприймальний пристрій являє собою не весь конвеєр, а лише частину його. В цьому випадку вантажоприймальним називають ділянку стрічки конвеєра, що безпосередньо впливає на вимірювальний елемент ваг. Довжина його дорівнює відстані між нерухомими роликowymi опорами.

Оскільки $q = P_K / L_K$,

де L_K – довжина вантажнопідйомної (вагової) ділянки конвеєра, m ,

$$Q_0 = Q_{жс} = Q_K = c P_K v_K / L_K.$$

Автоматична система регулювання дозатора, для якої вимірювальним параметром є навантаження на конвеєр або сила ваги $P_K(t)$ (або добуток $P_K(t)v_K(t)$), впливаючи на живильник, забезпечує задану продуктивність. Із трьох параметрів (P_K , v_K і L_K), що впливають на добуток, регулювання може проводитися за навантаженням матеріалу $P_K(t)$ на стрічці конвеєра (два інших параметра (v_K і L_K) будуть налагоджувальними) або за двома параметрами (P_K і v_K), тоді налагоджувальним буде тільки один параметр L_K .

Вихідний сигнал дозаторів є лінійною функцією витрати і залежно від виду енергії, яка використовується, визначається з умов

$$Q = cu, Q = ci, Q = cp,$$

де u , i , p – напруга, сила струму і тиски – сигнали, уніфіковані відповідно для електричної й пневматичної систем регулювання.

Особливістю стрічкових дозаторів є наявність запізнення між продуктивністю дозатора $Q_0(t)$ і продуктивністю живильника $Q_K(t)$, зумовленого часом перебування матеріалу на конвеєрі $\tau_2 = L_K / v_K$,

$$Q_0(t) = Q_{жс}(t)(t - \tau_2).$$

Оскільки ваговий конвеєр є інтегруючим елементом, то самому значенню навантаження P_K можуть відповідати різноманітні характерні розташування матеріалу і продуктивність. Стрічкові вагові дозатори застосовують переважно для роботи із сипучими матеріалами.

Крім стрічкових конвеєрів у якості перетворювачів витрати використовують також масові витратоміри. Принцип дії цих приладів базується на вимірюванні сил інерції маси, що рухається, за зміною її кількості прямування. Існує множина типових масових витратомірів: лоткові (пластинчасті), турбінні, коріолісові, гіроскопічні й масоміри (останні забезпечують дозування добре сипучих матеріалів і рідин). В основі побудови масових витратомірів лежить закон гідромеханіки про незалежність кількості прямування елементарного струменя від зміни фізико-механічних властивостей рідини. Масові витратоміри призначені в основному для вимірювання витрати рідин, проте зрідка використовуються і для вимірювання витрати сипучих матеріалів (наприклад, зерна в потоку на млинах). Клас точності масових витратомірів нижче класу точності вагових приладів.

Принцип дії одноагрегатного автоматичного дозатора безупинної дії (рис.2) базується на підтриманні продуктивності (витрати) сипучих матеріалів за допомогою регулювання швидкості стрічки конвеєра. Система керування дозатором (рис. 2) включає вимірювач зусилля 1 і підсилювач 2, що перетворюють вимірювальне навантаження в пропорційний електричний сигнал; перетворювач 6 частоти обертання вала електродвигуна в електричні

сигнали (зазвичай тахогенератор); аналоговий множний пристрій 7, що здійснює перемножування двох сигналів (добуток навантаження на швидкість дає продуктивність); коригувальний прилад 3, що відпрацьовує керуючий вплив за обраним законом регулювання; підсилювач 4 для посилення сигналу керуючого постійного струму з редуктором.

Матеріал, що дозується із бункера, надходить на ваговий конвеєр, який

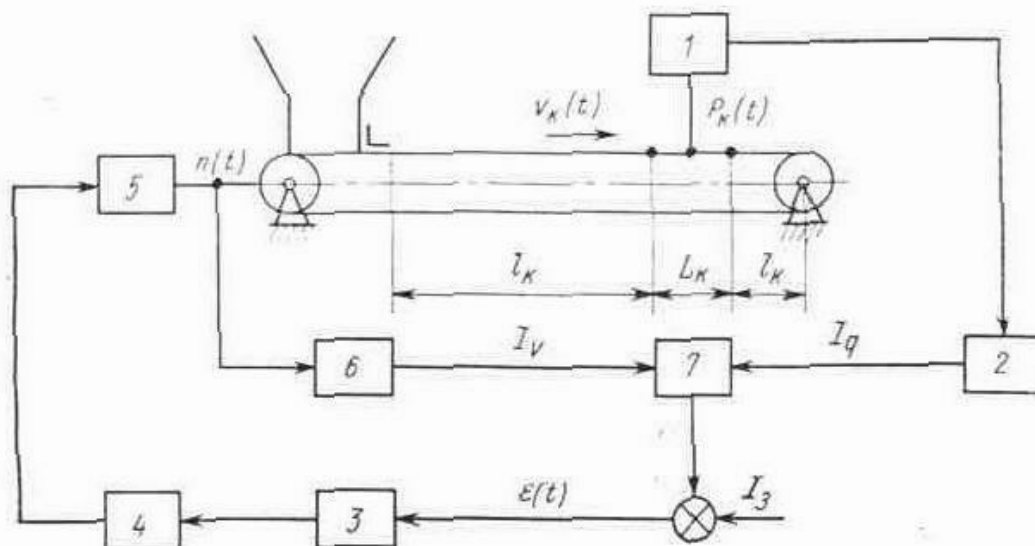


Рис. 2. Одноагрегатний дозатор

виконує також функцію стрічкового живильника. Вимірник зусилля 1 перетворює навантаження на ваговій ділянці конвеєра довжиною L_k (див. рис.2) у пропорційний електричний сигнал, що подається на аналоговий множний пристрій (АМП) 7. Аналоговий сигнал, що відповідає частоті обертання приводного електродвигуна, надходить на інший вхід АМП. Сигнал з АМП надходить на ПІ-регулятор – коригувальний прилад 3, що через підсилювач 4 впливає на приводний електродвигун 5 конвеєра. Швидкість прямування стрічки конвеєра буде змінюватися доти, поки добуток сигналів, пропорційний продуктивності, не дорівнюватиме сигналу завдання.

Математичні моделі дозаторів неперервної дії

Найпоширенішими є дозатори з регулюванням за навантаженням, які мають постійну швидкість руху стрічки конвеєра. Математичний опис таких дозаторів можна отримати у вигляді передавальних функцій і частотних характеристик за відомими передавальними функціями елементів, що входять у дозатор.

Передавальні функції живильників визначають як добуток передавальної функції трьох послідовно з'єднаних елементарних ланок – підсилюючої, запізнюючої й аперіодичної.

В ряді випадків чистим запізнюванням або постійною часу можна знехтувати. Тоді передавальна функція живильника

$$W_n(p) = \frac{k_n e^{-p\tau_1}}{T_n p + 1}.$$

Ваговий конвеєр є найважливішим елементом дозаторів. Від нього істотно залежать їх динамічні характеристики.

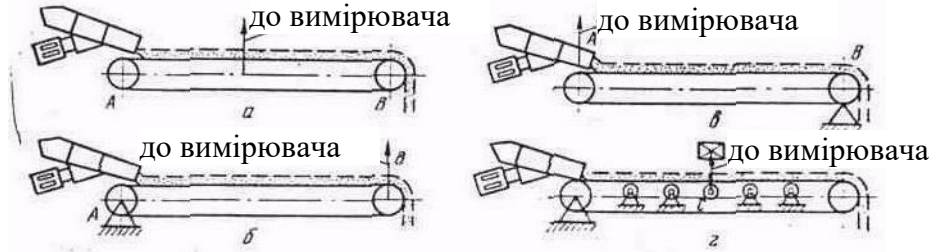


Рис. 3. Типи вантажоприймальних пристроїв стрічкових дозаторів: а) конвеєр із поступальним переміщенням, що повністю передає на ваговий механізм зусилля, пропорційне масі матеріалу, що знаходиться на ньому; б) конвеєр маятникового типу, у який подавання матеріалу здійснюється на нерухому опору, зусилля на силовимірювач передається з боку завантаження матеріалу в точці В; в) конвеєр консольного типу з нерухомою опорою з боку скидання матеріалу, зусилля на силовимірювач передається з боку завантаження матеріалу в точці А; г) вантажоприймальний ролик, умонтований у конвеєр

Ваговий конвеєр має один вхід – продуктивність живильника $Q_n(t)$ та два виходи – зусилля (сила ваги), передане як перетворювач-силовимірювач, і продуктивність дозатора $Q_d(t)$, що дорівнює продуктивності на виході конвеєра $Q_k(t)$. При аналізі й синтезі САР витрати найбільша увага приділяється динамічним характеристикам у каналі продуктивність живильника – зусилля.

У дозаторах застосовують чотири типи вантажоприймальних пристроїв, що входять до складу стрічкових конвеєрів, які різняться способом передавання навантаження на вимірювач зусилля (рис. 3).

Частотні характеристики вантажоприймальних пристроїв поліпшуються при зменшенні часу перебування матеріалу на конвеєрі τ_2 (або часу перебування матеріалу на ваговій ділянці для варіанта з роликоопорою). Проте зменшення часу τ_2 лімітується конструкцією дозатора, оскільки в цьому випадку також знижується корисне навантаження і відношення корисного навантаження до маси конвеєра, що призводить до збільшення похибки вимірювання зусилля.

У цих дозаторах значення витрати не залежить від швидкості прямовання стрічки конвеєра, а визначається продуктивністю живильника. Зміна в них постійної часу конвеєра τ_2 або його швидкості впливає лише на рівень настроювального вихідного сигналу P_k .

Хід роботи

1. Вивчити принципи роботи дозаторів.
2. Ознайомитися з їх математичними моделями.
3. Провести дослідження дозаторів методом математичного моделювання на ЕОМ.

4. Визначити статичні та динамічні характеристики дозаторів.
5. Зробити висновки (на основі математичного моделювання) про статичні та динамічні характеристики дозаторів дії згідно з теорією автоматичного керування.
6. Оформити звіт.

Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати досліджень.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке неперервне дозування, його зміст?
2. Які завдання автоматизації процесу дозування?
3. Принцип дії бункерного дозатора.
4. Принцип дії стрічкових, вагових дозаторів.
5. Що таке масові витратоміри? Принцип дії.
6. Пояснити принцип дії одноагрегатного автоматичного дозатора безупинної дії.
7. Які є математичні моделі дозаторів неперервної дії?
8. Способи дозування матеріалів.
9. Від чого залежить величина дозованого матеріалу в стрічкових дозаторах?
10. Типи вантажоприймальних пристроїв у стрічкових дозаторах.

Лабораторна робота № 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕГОНКИ

Мета роботи : Вивчити процес перегонки на базі простого кубового апарата й навчитися проводити дослідження даного процесу, користуючись методом математичного моделювання на ЕОМ.

Теоретичні відомості

Перегонкою називають процес поділу суміші, що складається з двох або більше летючих компонентів.

Необхідною умовою для проведення цього процесу є різна летючість компонентів, що розділяються. Отже, при однаковій температурі пружність пар компонентів, що розділяються, повинна бути різною.

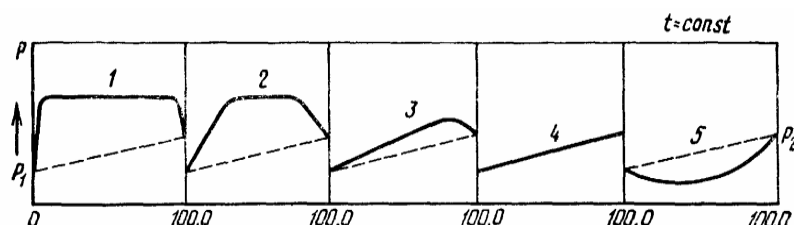


Рис..1. Класифікація бінарних систем

При кипінні суміші, що складається з різних за летючістю компонентів, більш летючий компонент переходить у парову фазу у відносно більшій кількості, ніж менш летючий. Це призводить до збагачення парової фази більш летючим компонентом, тому що він має більшу пружність пари і буде менш киплячим. Таким чином, пара збагачується легколетючим менш киплячим компонентом. Використовуючи це явище, можна розділити складну суміш на компоненти з низьким умістом домішок.

Процес перегонки широко використовується в харчовій промисловості. Найчастіше його використовують у спиртовій і лікєро-горілчаній промисловості, у виноробстві й виробництві ефірних масел. Також у нафтоперегонній справі, у виробництві синтетичного каучуку, лісохімічній промисловості й багатьох інших галузях.

В основу сучасної теорії перегонки покладено закономірності перегонки бінарних сумішей. Основні закони, які керують перегонкою бінарних сумішей, виявили Д. П. Коновалов і М. С. Вревський. Дослідження Д. П. Коновалова стали фундаментом для створення теорії перегонки. Його праці дозволили класифікувати всі бінарні суміші летючих компонентів.

В основу цієї класифікації покладено функціональну залежність загального тиску парів бінарної системи від складу рідкої фази. Якщо на горизонтальній осі (рис. 1) відкласти утримування менш киплячого (більш летючого) компонента, а на вертикальній осі – загальний тиск парів суміші, то

залежно від характеру суміші лінії тиску можуть мати той або інший вигляд. На рис. 1 p_1 і p_2 – тиск парів чистих компонентів.

Лінія 1 відповідає випадку повної нерозчинності компонента (або варіанта, коли спостерігаються тільки сліди розчинності). У цьому випадку загальна пружність пари дорівнює сумі тисків парів чистих компонентів до моменту, поки в рідкому середовищі є обидва компоненти незалежно від їх відносної кількості. До таких сумішей відносять, наприклад, суміші бензолу й води, сірководню й води.

Лінія 2 відповідає суміші компонентів, частково розчинних один в одному. До таких сумішей відносять воду й ізоаміловий спирт, воду й ізобутиловий спирт.

Лінія 3 відповідає сумішам, компоненти яких цілком розчинні один в одному. Загальна пружність пари цих сумішей має максимум, що відповідає визначеному складу рідкої фази за даної температури. До таких сумішей відносять суміші етилового спирту і води, етилового спирту і бензолу.

Лінія 4 відповідає граничному випадку, коли компоненти цілком розчиняються один в одному, не створюючи максимуму або мінімуму. Це відноситься до сумішей метилового спирту і води, бензолу і ксилолу, аміаку і води, метилового й етилового спиртів.

Лінія 5 відповідає випадку повної розчинності компонентів із утворенням особливої точки, що відповідає мінімуму тиску. До цієї групи відносять суміші води і мурашиної кислоти, ацетону і хлороформу. Причиною різниці в закономірностях зміни загального тиску пари бінарних сумішей є різниця у взаємодії молекул компонентів розчинів.

Суміші, що відповідають лінії 4, є найпростішими або ідеальними. Утворення цих сумішей не супроводжується помітним тепловим ефектом. При змішуванні не відбувається стискування або збільшення об'єму суміші. В ідеальних розчинах сили притягання однакових і різних молекул рівні.

У цьому випадку сила, з якою молекули утримуються в рідині, залежить тільки від її відносної кількості того або іншого компонента. При заданій температурі парціальний тиск пари кожного компонента пропорційний його утримуванню в рідині.

Ідеальні розчини описуванняє закон Рауля: парціальний тиск пари компонента P_a' дорівнює тиску насиченої пари цього компонента при даній температурі P_a , помноженому на його молекулярну частку в рідині x_a , тобто

$$P_a' = P_a x_a.$$

Розчини, лінії тиску пари яких відхиляються від прямої (рис. 1), утворюються з чистих компонентів із помітним тепловим ефектом. Це вказує на взаємодію молекул компонентів, що змішуються.

Якщо сила притягування молекул неоднакових компонентів менша, ніж однакових, то тиск пари суміші буде відхилятися вгору від лінії ідеальних розчинів. Якщо сила притягування молекул неоднакових компонентів більша, ніж сила притягування молекул однакових компонентів, крива піде нижче прямої ідеальних розчинів (рис. 1, лінії 3 і 5).

Якщо сила притягування молекул, які не мають виходу, дуже мала, то рідка фаза розшаровується на два шари. Кожен із них посиляє молекули в парову фазу так, наче він знаходиться в розчині один. У цьому випадку загальний тиск дорівнює сумі тисків чистих компонентів за даної температури (лінії 1 і 2).

Основні закони перегонки

Для двох взаєморозчинних рідин правило фаз можна записати так:

$$5 = K - f + 2 = 2 - 2 + 2 = 2,$$

де 5 – число ступенів свободи; f – число фаз; K – число компонентів.

Таким чином, правило фаз вказує на те, що з трьох параметрів (температури T , тиску p і концентрації C), які визначають стан системи, довільно можуть бути обрані два. Якщо задати температуру й тиск, то склад системи (концентрація) буде визначено як для рідкої, так і для парової фаз.

Питання про склад фаз, що знаходяться в рівновазі, є найважливішими у вивченні процесів перегонки. Їх основні закономірності встановлено Д. П. Коноваловим, який, досліджуючи розчини спиртів і органічних кислот у воді, вивів два основних закони.

Перший закон Д. П. Коновалова: «Пара, що знаходиться в рівновазі з розчином, завжди містить у надлишку той компонент, додавання якого до розчину знижує температуру кипіння». Інакше кажучи, пара збагачується тим компонентом, додавання якого до рідини підвищує загальний тиск парів над нею.

Цей закон визначає якісний склад парової фази. Розглянемо систему „етилловий спирт–вода”. Додавання до рідкої фази спирту викликає в цій системі зниження температури кипіння. Отже, при кипінні парова фаза збагачуватиметься парами спирту.

У випадку ідеальних розчинів це положення буде справедливим для будь-якого складу рідкої фази.

Таблиця 1. Фазовий склад компонентів

Фаза	Склад компонентів			
	у % мол.		у % мас.	
	Менш киплячий компонент	Більш киплячий компонент	Менш киплячий компонент	Більш киплячий компонент
Рідка	x	$100-x$	a	$100-a$
Парова	y	$100-y$	b	$100-b$

Для розчину, криві тиску якого мають максимум або мінімум, існує деякий склад рідкої суміші, при якому пари, що виділяються, мають той же склад, що й рідка фаза. Таку суміш називають нероздільно-киплячою або азеотропною. Положення цієї суміші на графіка p – x встановлює *другий закон Д. П. Коновалова*: „В екстремумах тисків пари (або точок кипіння) сумішей вміст рідкої і парової фаз збігається”.

На кривій склад–тиск є точка перегину (лінія 3 і 5 на рис. 1), тому за другим законом Д. П. Коновалова, у цій точці концентрації компонентів в обох фазах будуть однакові. До групи нероздільно-киплячих сумішей відносять суміші етилового спирту і води, етилового спирту і бензолу та ін.

Для вивчення процесу перегонки тієї чи іншої бінарної суміші необхідно знати склад парової фази залежно від вмісту рідкої фази. Для всіх розчинів, крім ідеальних, це співвідношення визначають експериментальним шляхом. Для ідеальних розчинів рівновагу вмісту парової фази можна легко розрахувати. За допомогою експериментальних визначень можна скласти таблицю рівноважних вмістів.

При розгляданні процесу ректифікації (при визначенні вмісту фаз) ми будемо користуватися позначеннями, наведеними в таблиці 1.

Використовуючи експериментальні дані, можна побудувати графік залежності вмісту парової від вмісту рідкої фаз (див. рис. 2). Криву рівноваги, зображену на рис. 2, будемо в координатах $y-x$ (% мол.) або в $b-a$ (% мас.). Відповідно до першого закону Д. П. Коновалова, крива для системи „етиловий спирт–вода” проходить вище діагоналі. Отже, пара буде збагачена спиртом порівняно з рідкою фазою. Однак крива перетинає діагональ в одній точці у відповідності з другим законом Д. П. Коновалова. Ця точка характеризує уміст нероздільно-киплячої суміші і є азеотропною точкою. За нормального тиску нероздільно-кипляча суміш системи „етиловий спирт–вода” містить 95,57% мас. спирту при температурі кипіння $78,15^{\circ}\text{C}$. За цього ж тиску температура кипіння етилового спирту дорівнює $78,3$, а води – 100°C .

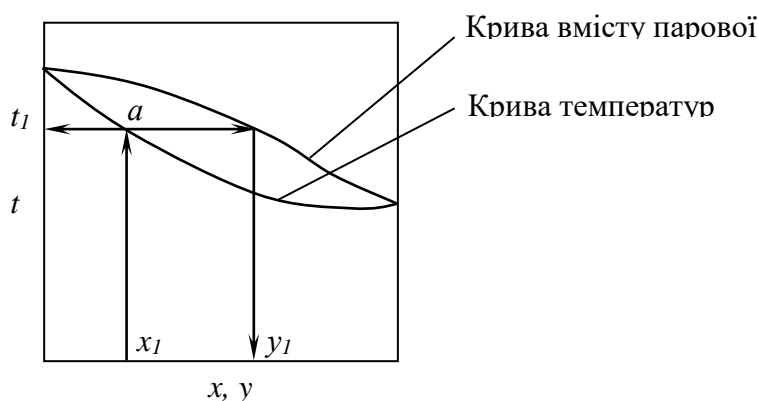


Рис. 2. Діаграма температур ($t-x-y$)

Властивості бінарних сумішей можна зобразити також діаграмою, яку називають діаграмою температур (рис. 2). На вертикальній осі ординат цієї діаграми відкладено температури кипіння, а на горизонтальній – утримування менш низько киплячого компонента у рідкій і паровій фазах.

Якщо потрібно визначити температуру кипіння t_1 і вміст парової фази за заданим умістом рідкої фази x_1 , то побудову робимо таким способом. З точки x_1 проводимо перпендикуляр до точки перетину з кривою температури (точка a). Провівши горизонталь із точки a , знайдемо температуру кипіння t_1 . Уміст пари y_1 знайдемо за допомогою кривої вмісту пар. Побудову зображено на рис. 2.

На рис. 3 зображено теплову діаграму для бінарної суміші. Її будують у координатах I - t - x - y . На вертикальній осі відкладають тепловміст, на горизонтальній — вміст рідкої і парової фаз. У координатах будують криву тепловмісту киплячого розчину і криву тепловмісту насиченої пари. Якщо на вертикальній осі діаграми відкласти масштаб t , то на тому ж графіку можна побудувати криву температур кипіння і криву вмісту пари. Проводячи в координатах I - x - y ізотерму AB , можемо перенести її в координати I - x - y . Для цього з точки A опускаємо перпендикуляр на лінію тепловмісту киплячої рідини (точка A_1), а з точки B відновлюємо перпендикуляр на криву тепловмісту пари (точка B_1). З'єднавши точки A_1 і B_1 , отримаємо ізотерму A_1B_1 у координатах I - x - y . З побудови зрозуміло, що перпендикуляри, опущені з точок A_1 , B_1 на осі абсцис, визначають умісти рівноважних рідкої і парової фаз.

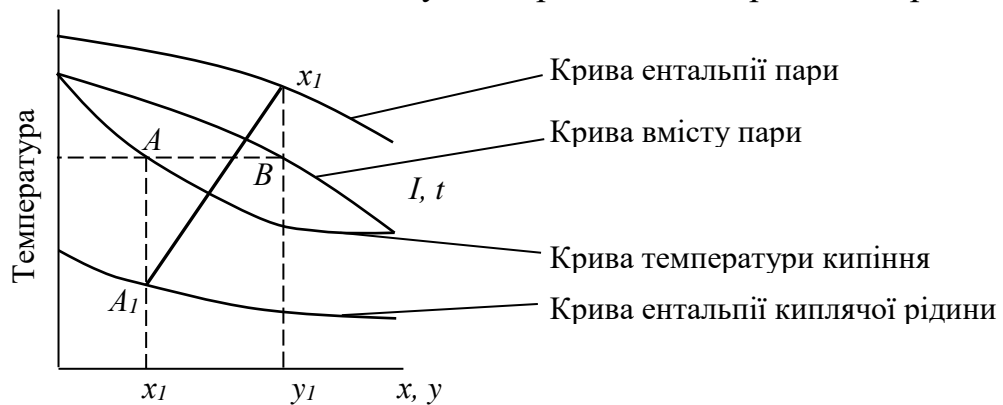


Рис. 3. Теплова діаграма I - t - x - y

При утворенні пари з рідкої бінарної суміші, вона збагачується менш киплячим компонентом. Розглянемо зворотний процес—конденсацію парів, що містять два компоненти. Як бачимо з діаграми рівноваги (див. рис. 4.10.2), пара, що містить b % менш киплячого компонента, знаходиться в рівновазі з рідиною, що містить a % більш киплячого компонента. Тому при частковій конденсації цієї пари парова фаза, що залишилася, збагачується менш киплячим компонентом. Часткову конденсацію, що супроводжується зміною умісту фаз, називають дефлегмацією. Отже, дефлегмацією називають конденсацію парової суміші, яка супроводжується збагаченням парової фази нижче киплячим компонентом. Рідку фазу, яка утворюється при цьому, називають флегмою. Процес дефлегмації можна також використовувати для поділу суміші летючих компонентів.

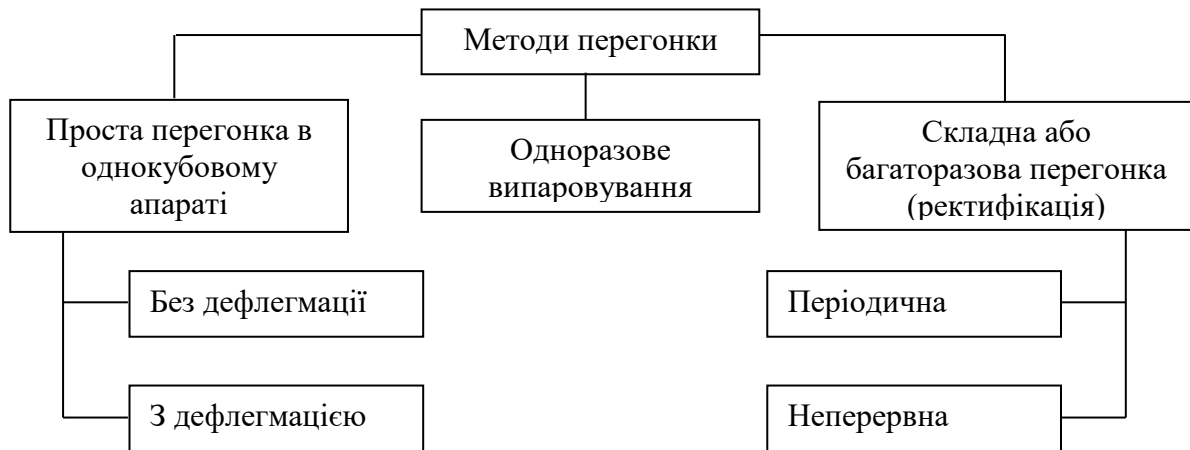


Рис. 4. Методи перегонки

Класифікація процесів перегонки

Методи перегонки, які застосовують у харчових виробництвах, різноманітні. Класифікацію їх наведено на рис. 4.

Усім іншим видам передувала перегонка, що здійснювалася в одиночному перегонному кубі. Просту перегонку використовують і в даний час, наприклад, у виробництві коньяку й ефірних масел.

Проста перегонка

На рис. 5 зображено апарат для простої перегонки — одиничний куб. Якщо поверхня куба ретельно ізолювана, то можна вважати, що на його внутрішній поверхні пари не конденсуються.

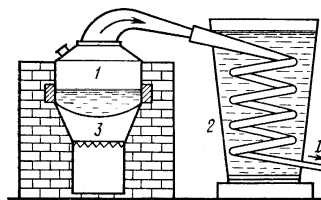


Рис.5. Простий кубовий апарат: 1 – куб; 2 – холодильник; 3 – топка

У такому випадку можна вважати, що апарат працює без дефлегмації й утворені в кубі 1 пари надійдуть у холодильник 2, де законденсуються, створюючи дистилат *D*. Робочий цикл такого одиночного куба складається з таких операцій: наповнення, нагрівання умісту куба (навалювання) до кипіння, перегонка, спускання залишку і підготовка до наступного наповнення.

У процесі перегонки відсотковий уміст менш киплячого компонента у кубі безперервно змінюється. Пари, що утворюються, містять більше менш киплячого компонента, ніж рідка фаза. Тому в міру перегонки концентрація менш киплячого компонента у рідині, що залишається в кубі, зменшується. Внаслідок цього в міру перегонки зменшується уміст менш киплячого компонента в парах, що утворюються. Тому порції дистилату, які послідовно

відбираємо, є нерівноцінними відносно вмісту менш киплячого компонента. Складемо матеріальний баланс простої перегонки в кубі, що працює без дефлегмації. Кількість суміші, що міститься в кубі в якийсь момент перегонки, позначимо через W , кг. Уміст менш киплячого компонента у цій суміші в цей же момент буде $W_a/100$, кг.

За нескінченно малий проміжок часу з суміші, що знаходиться в кубі, буде виділено d кг з умістом менш киплячого компонента b %. При цьому концентрація менш киплячого компонента у кубі зменшиться на da . Таким чином,

$$Wa = (W - dW)(a - da) + dWb.$$

Провівши перетворення, отримаємо

$$Wa = Wa - Wda - dWa + dWda + dWa.$$

Скорочуючи і звільняючись від нескінченно малих розмірів вищого порядку, отримаємо

$$-Wda - dWa + dWb = 0.$$

Звідси

$$dW/W = da/(b - a).$$

Початкову кількість суміші в кубі позначимо через W_0 , уміст компонента, що менш кипить у ній – a . Відповідно наприкінці перегонки масу залишку позначимо через W_1 , а уміст менш киплячого компонента – a_1 . Проінтегруємо ліву частину отриманого вище рівняння в межах від W_1 до W_0 , а праву відповідно – від a_0 до a_1 :

$$\ln \frac{W_1}{W_0} = \int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{b - a}$$

або

$$\int_{W_0}^{W_1} \frac{dW}{W} = \int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{b - a}.$$

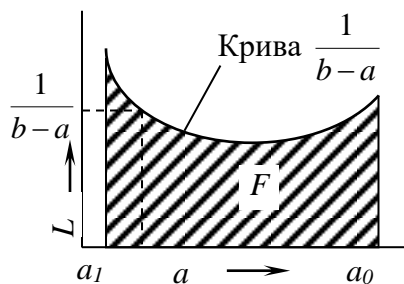


Рис. 6. Графічне визначення кількості дистиляту

Щоб проінтегрувати ці рівняння, потрібно b виразити через a . Однак це не завжди можливо. Тому розв'язком цього рівняння буде графічний метод.

Для визначення числового значення правої частини рівняння будують графік у координатах $a-1/(b-a)$ (див. рис. 6). Криву підінтегральної функції будують за точками з допомогою таблиці рівноваги або кривої рівноваги. Для цього, задаючись довільним значенням a , знаходять відповідно значення b і

обчислюють значення $1/(b-a)$. Отримане значення $1/(b-a)$ відкладають у масштабі (див. рис.6). З'єднавши ряд точок, знайдених таким чином, отримують криву підінтегральної функції.

Заштрихована ділянка на рис.6 площа F буде виражати у визначеному масштабі інтеграл $\int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{b-a}$.

Помножуючи площу F на масштаби, прийняті для побудови a і $1/(b-a)$, отримаємо числове значення інтеграла, який позначимо через K . Таким чином, $\ln(W_1/W_0)=K$.

Звідси можна знайти розмір W_1 , якщо задані W_1, a_1 і a_0 . Кількість дистиляту $D=W_0-W_1$.

Уміст менш киплячого компонента у ньому дорівнює $W_0 a_0 - W_1 a_1$.

Середній уміст менш киплячого компонента у дистиляті, отриманому за весь час перегонки, дорівнює $\frac{W_0 a_0 - W_1 a_1}{W_0 - W_1} = b_{D_{cp}}$.

Ефективність простої перегонки суміші етилового спирту і води $b_{D_{cp}}$ – середній уміст спирту у дистиляті (у %) наведено в табл. 2.

За допомогою простої перегонки неможливо отримати дистилят із високим середнім утримуванням менш киплячого компонента. Це бачимо з табл. 2, у якій наведено результати розрахунків для бінарної суміші “етировий спирт–вода”. Тільки перші порції дистиляту містять значний відсоток менш киплячого компонента. В міру збільшення кількості дистиляту відсотковий уміст у ньому наближається до його умісту в початковій суміші.

Проста перегонка без дефлегмації може мати місце тільки у випадку, коли вжити заходи, які запобігають можливості дефлегмації (ретельна ізоляція, обігрівання стінок куба і труб між кубом і холодильником).

Таблиця 2. Параметри бінарної суміші “етировий спирт–вода”

Початковий уміст менш киплячого компонента в навалці, %	Відбір дистиляту, % до маси навалки		
	10	25	50
30	65	58,0	39,4
30	74	69,0	58,0
40	75	73,2	68,0
50	77	76,0	74,5
60	80	78,5	78,0
70	83	82,2	81,0
75	84	83,0	81,5

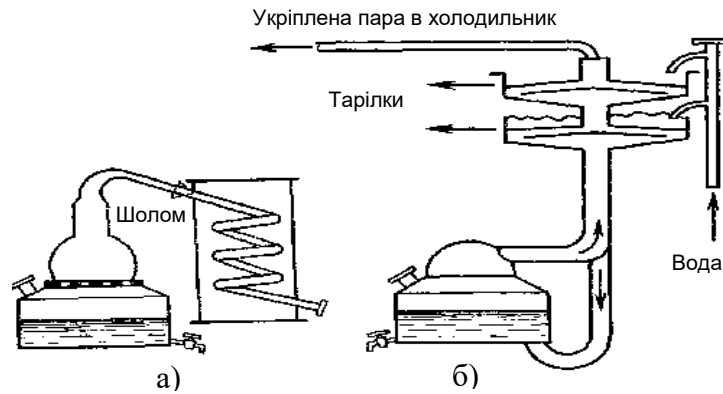


Рис. 7. Прості кубові апарати з дефлегмаційними пристроями: а) з такими, що постачають; б) із тарілками

Дефлегмація збільшує зміцнювальний ефект апарата, тому кубові апарати постачають із пристосуваннями для її посилення. Найпростішим із них є шолом, який встановлено над кубом і повітряним охолоджувачем. Пізніше з'явилися куби, укомплектовані дефлегматорами.

На рис. 7 зображено кубові апарати з дефлегмаційними пристроями. Завдяки процесу дефлегмації зміцнювальний ефект такого апарата більший, ніж зміцнювальний ефект апарата без дефлегмації. Дистиллят, отриманий у такому апараті, містить більше менш киплячого компонента, ніж дистиллят, отриманий в апараті без дефлегмаційного пристрою.

Якщо при роботі без дефлегмації середню концентрацію менш киплячого компонента позначити через C_{cp} , а за наявності дефлегмації – через C'_{cp} , то коефіцієнт дефлегмації буде більшим одиниці: $\sigma = \frac{C'_{cp}}{C_{cp}}$.

Таблиця 3. Вихідні дані

Варіант	Початкова маса суміші $x_n, \text{г}$	Масова доля етанолу в кубовому осаді $x_k, \%$	Початкова масова доля $x_n, \%$	Крок $n, \%$
1	2850	5	19	0,5
2	2900	6	15	0,1
3	3050	3	20	1
4	2780	10	25	1,5
5	2820	5	18	0,1
6	2950	7	15	0,1
7	2980	8	18	1
8	3010	5	15	1,5
9	3010	4	19	0,1
10	2911	5	19	1

Хід роботи

1. Вивчити принципи протікання процесу перегонки.
2. Ознайомитися з математичними моделями процесів перегонки.

3. Провести дослідження процесу простої перегонки методом математичного моделювання на ЕОМ.
4. Побудувати графіки функціональної залежності процесу простої перегонки, виходячи з розрахованих даних (див. табл. 3).
5. Зробити висновки (на основі математичного моделювання) про фізичні процеси в даному приладі та про його властивості згідно з теорією автоматичного керування.
6. Оформити звіт.

Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати досліджень.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що називають перегонкою?
2. Визначити і пояснити загальні принципи процесу простої перегонки.
3. Класифікація бінарних систем.
4. Сформулювати закон Рауля.
5. На що вказує правило фаз?
6. Як визначають склад парової фази бінарної системи?
7. Сформулювати перегонки.
8. Класифікація методів перегонки.
9. Суть процесу дефлегмації.
10. Пояснити зміст процесу простої перегонки.

Лабораторна робота № 6. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ БУДОВИ, СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШТАМПУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Мета роботи: вивчити конструктивну будову основних механізмів, приводів, демпферів та давачів РТК завантаження штампувального обладнання; зобразити компоновальну, кінематичну та пневматичну схеми РТК; розробити алгоритм та циклограму роботи РТК.

Короткий технічний опис РТК завантаження штампувального обладнання

Загальний вигляд РТК завантаження штампувального обладнання показаний на рис. 1. Він складається з живильного механізму, в магазинах якого знаходяться орієнтовані заготовки, та промислового робота МП-9С.

Живильний механізм РТК завантаження штампувального обладнання складається з наступних елементів (рис. 1, 2, 3):

1. Основа
2. Стіл
3. Змінна пластина
4. Плити
5. Магазины поштучної видачі заготовок
6. Кожухи
7. Рама
8. Жолоб для деталі
9. Пневмоциліндр
10. Шток
11. Штуцер
12. Кришка пневмоциліндра
13. Кришка пневмоциліндра
14. Регулювальні гвинти магазинів
15. Штуцер
16. Кронштейн.

Магазины поштучної видачі заготовок 5 розміщені на плитах 4, які нерухомо прикріплені до основи 1 з допомогою гвинтів. В магазини завантажуються деталі типу пластин. Для переналагодження системи на потрібну форму використовують регулювальні гвинти 14 і змінні пластини 3.

Змінні пластини кріпляться з допомогою гвинтів до рухомого стола 2. В них виконані два прорізи під форму деталі. Деталь в прорізах розміщується на мідній підкладці, яка служить магнітним екраном.

Стіл 2 рухається по направляючих основи 1 (вид А). В крайніх положеннях відбувається завантаження одного з прорізів деталлю з магазинів. В цей момент другий проріз знаходиться в зоні завантаження, звідки деталь забирається рукою робота з допомогою електромагнітного захоплювача. При переміщенні стола в інше крайнє положення пустий проріз попадає під магазин

поштучної видачі заготовок, а проріз з деталлю – в зону завантаження.

До основи знизу кріпиться пневмоциліндр 9. З боків до основи кріпляться захисні кожухи 6. Основа прикріплена до рами 7.

При подачі повітря через штуцер 11 і канал в кришці 12 у ліву порожнину пневмоциліндра 9 шток з поршнем 10 переміщується вправо. Рух від штока через кронштейн 16 передається до стола 2. Стіл переміщується в крайнє праве положення. Відбувається завантаження деталлю правого прорізу із магазину, і одночасно забирається деталь із зони завантаження з лівого прорізу.

Наступним кроком роботи живильного механізму є подача тиску в праву порожнину пневмоциліндра 9 через штуцер 15 і канал в кришці 13. Шток рухається вліво – відбувається завантаження лівого прорізу і розвантаження правого.

2. Короткий технічний опис робота МП-9С

2.1. Призначення робота МП-9С

Промисловий робот МП-9С призначений для взяття деталі з живильного механізму, її переносу і завантаження в штампувальний прес.

2.2. Технічні дані робота МП-9С

Вантажопідйомність, кг	0,2
Висування руки, мм	150
Підйом руки, мм	30
Поворот руки, °	120
Час максимального переміщення по:	
– висуванню і підйому, с (не більше)	0,5
– повороту, с (не більше)	0,8
Максимальна абсолютна похибки позиціювання, мм	0,1
Тип приводу	пневматичний
Робочий тиск повітря, МПа (кг/см ²)	0,4-0,5 (4-5)
Тип системи керування	циклова
Електроживлення – мережа змінного струму напругою, В	220
частотою, Гц	50±0,5
Число команд в програмі, шт	30
Число технологічних команд, шт	6
Число точок позиціювання по кожній ступені рухливості, шт	2
Маса, не більше, кг	
– маніпулятора	32
– пристрою керування	18
Габаритні розміри, мм	
– маніпулятора	570×232×305
– пристрою керування	450×202×395

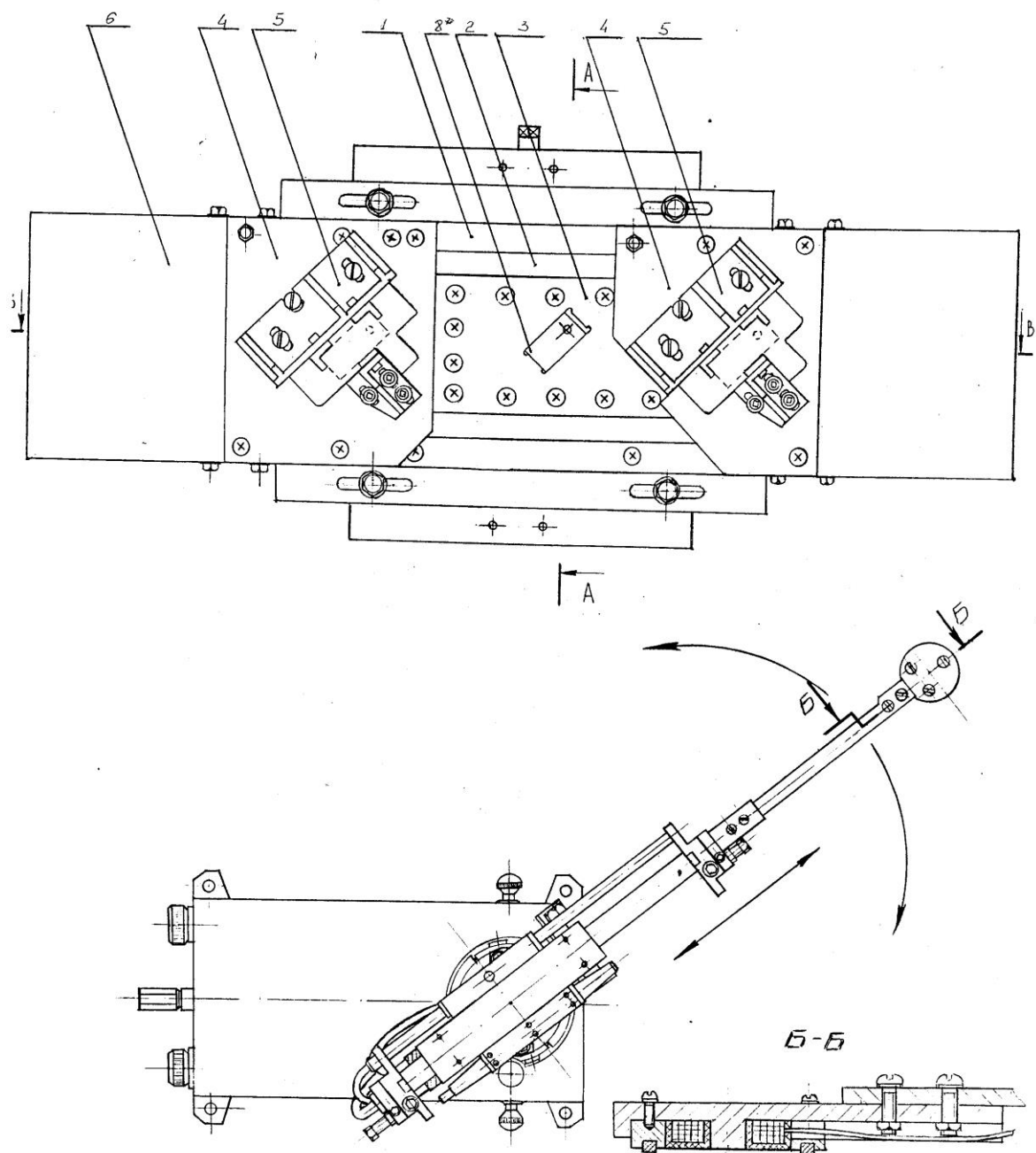


Рисунок 1. Загальний вигляд РТК

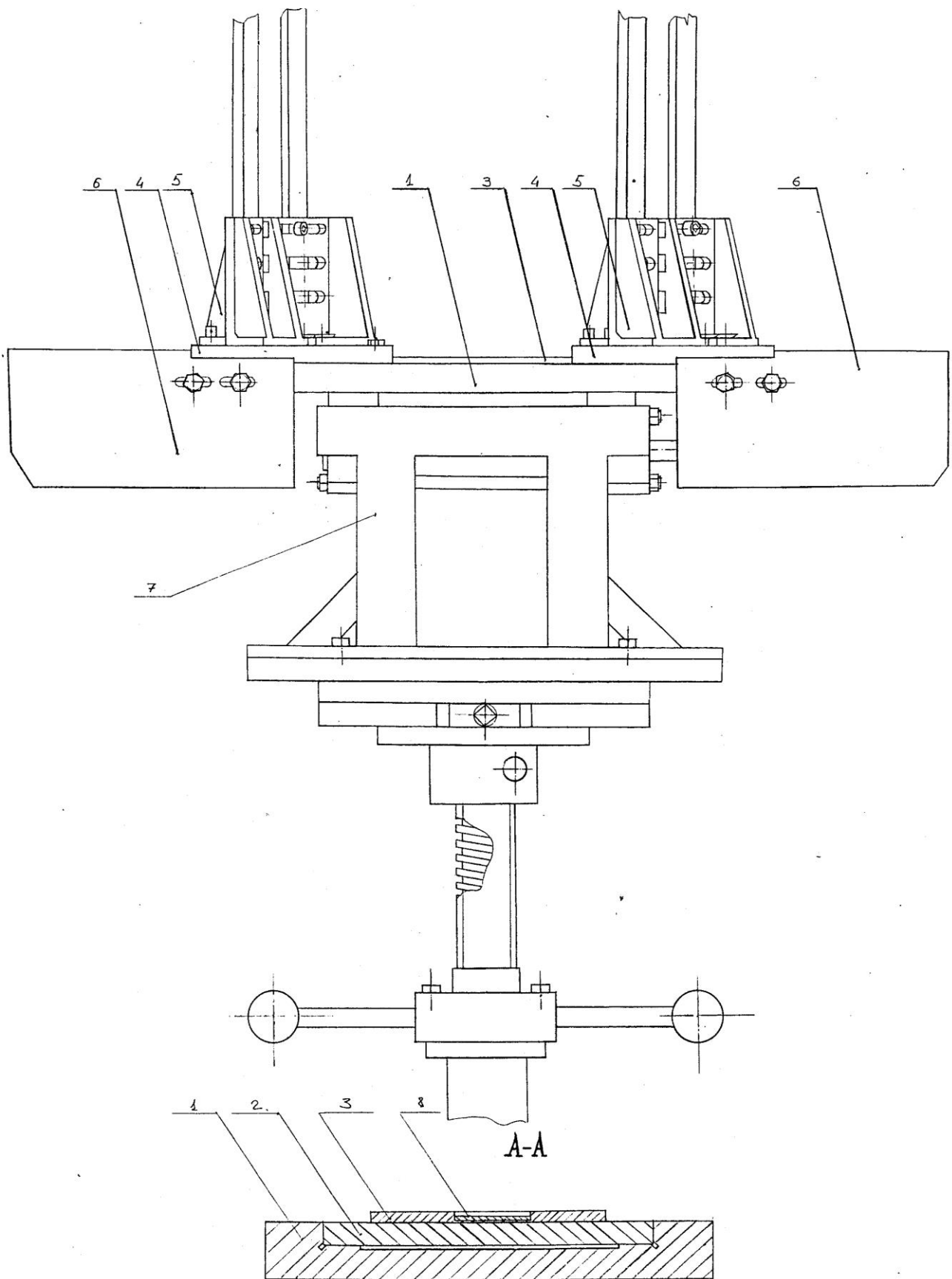


Рисунок 2. Загальний вигляд магазинного пристрою

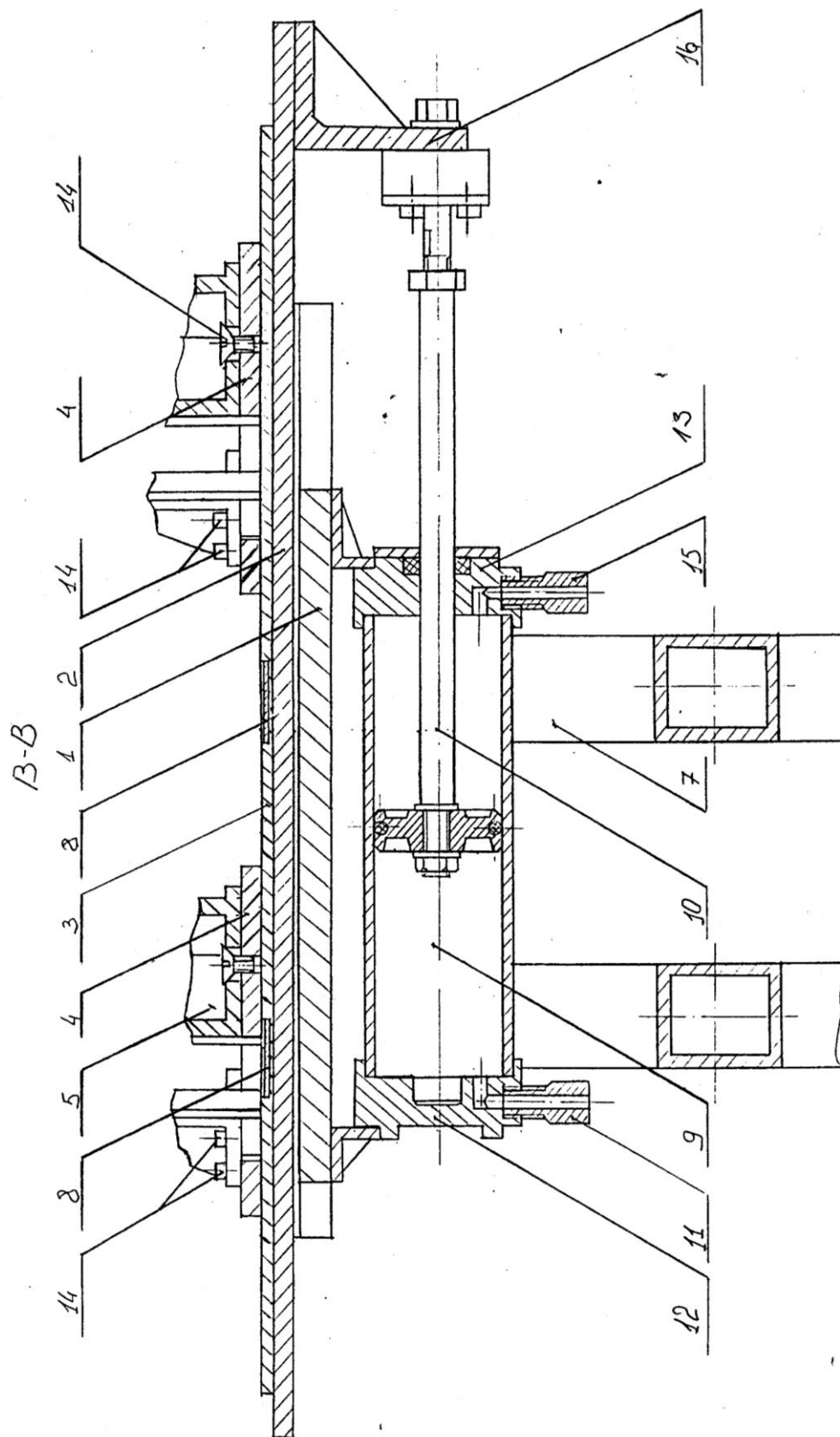


Рисунок 3. Переріз магазинного пристрою

2.3. Будова і принцип роботи складових частин робота МП-9С

2.3.1. Загальний опис

На маніпулятор подається напруга постійного струму 24 В від ЕЦПУ-6030, підключеного до мережі змінного струму напругою 220 В.

Стиснене повітря подається до електропневматичних клапанів маніпулятора через вузол підготовки повітря, який забезпечує регулювання необхідного тиску, подачу повітря і мастила в пневмоциліндри.

У маніпуляторі електропневматичні клапани, встановлені на кожний рух. Кожний клапан забезпечений встановленим на виході дроселем, регулювання якого дозволяє здійснювати зміну швидкості руху.

Хід маніпулятора здійснюється по кінцевих регульованих упорах.

Послідовність і кількість рухів, згідно з прийнятою технологічною схемою здійснюється набором програми на пульті ЕЦПУ-6030. Сигнал про виконання кожного руху видають давачі при підході до них постійних магнітів, встановлених на рухомих частинах. Тільки після одержання сигналу відповіді про виконання руху (команди) відбувається видача команди на виконання наступного руху.

При відсутності сигналу від давача про виконання руху, згідно до програми, маніпулятор зупиняється і до моменту одержання сигналу наступних рухів не відбувається.

Амортизація висування і повороту руки маніпулятора здійснюється гідравлічними демпферами. Амортизація підйому (опускання) руки здійснюється дроселюванням подачі і відводу повітря.

2.3.2. Будова основних вузлів маніпулятора

Конструкція маніпулятора приведена на рис. 4, 5. Маніпулятор складається з таких основних вузлів:

- корпусу з вузлом розподілу повітря;
- механізму підйому;
- механізму повороту;
- муфти з упорами;
- руки;
- амортизатора руки;
- амортизатора повороту;
- захоплювача.

2.3.2.1. Корпус 7 (рис. 4) і 10 (рис. 5) являється основою маніпулятора, у якому розміщений вузол розподілу повітря 14 (рис. 4) і 8 (рис. 5), що складається з 8 електропневматичних клапанів, обладнаних дроселями 15 (рис. 4.4), і здійснена вся електро- і пневморозводка. Для зручності обслуговування корпус має з'ємний, кожух 5 (рис. 5) і дві бокові кришки 3 (рис. 5). На задній стінці корпусу розміщені штуцер 7 (рис. 5) для підводу повітря до вузла розподілу і два роз'єми 6 і 9 (рис. 5) для підключення через кабелі електроживлення до ЕЦПУ-6030.

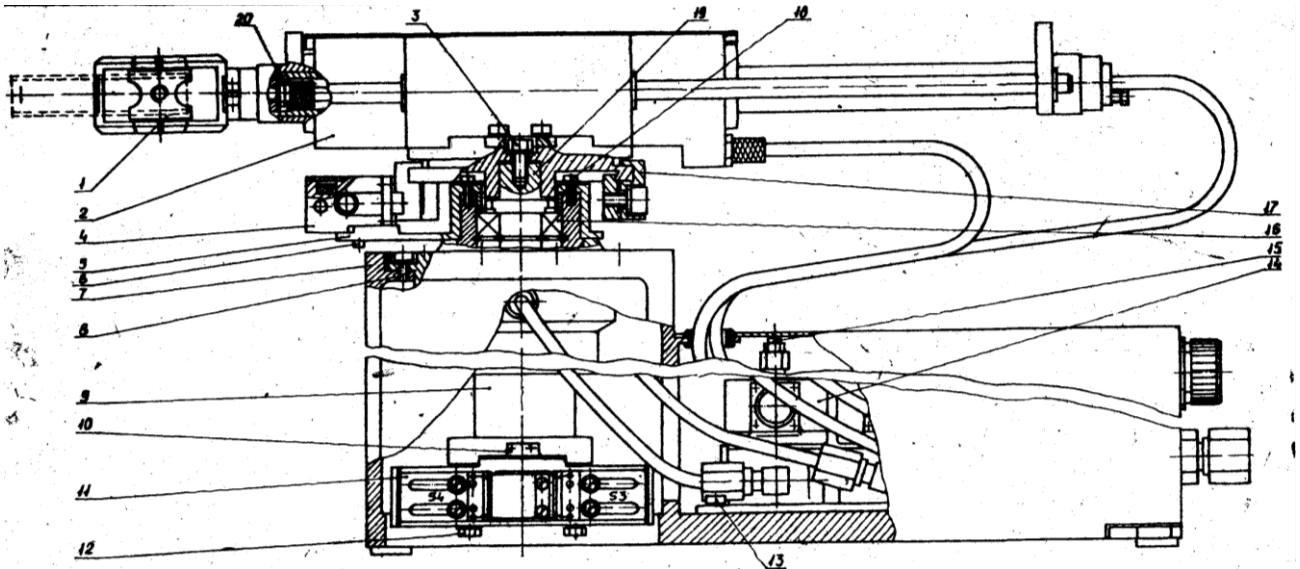


Рисунок 4 Маніпулятор: 1 – захоплювач; 2 – рука; 3 – болт; 4 – амортизатор повороту; 5 – кронштейн; 6 – гвинт; 7 – корпус; 8 – гвинт; 9 – механізм підйому; 10 – планка; 11 – механізм повороту; 12 – болт; 13 – гвинт; 14 – вузол розподілу; 15 – дросель; 16 – підшипник; 17 – муфта з упорами; 18 – гвинт; 19 – вал; 20 – з'єднання пряме кінцеве.

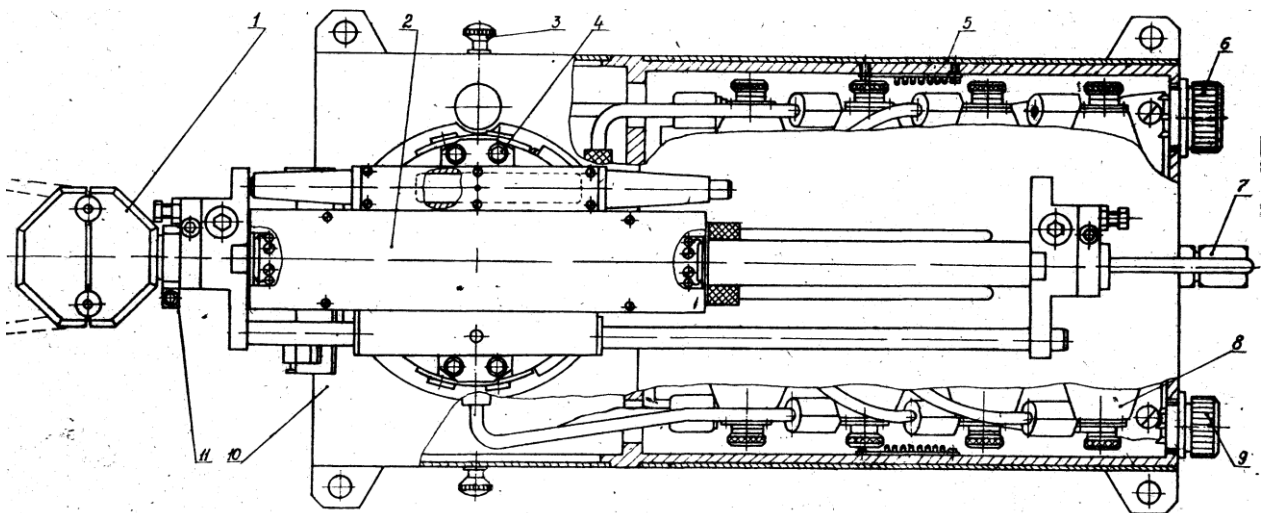


Рисунок 5. Маніпулятор: 1 – захоплювач; 2 – рука; 3 – кришка; 4 – болт; 5 – кожух; 6 – штепсельний роз'єм; 7 – штуцер; 8 – вузол розподілу; 9 – штепсельний роз'єм; 10 – корпус; 11 – хомут.

2.3.2.2. Механізм підйому (рис. 6).

Механізм підйому призначений для забезпечення підйому (опускання) руки маніпулятора. Механізм підйому складається з корпусу 6, штока 2 і кришок 8, 9 і 17. Порожнини пневмоциліндра герметизуються манжетами 7, 14 і прокладками 18.

Для покращення динаміки роботи при підніманні і опусканні штокові порожнини виконані з різними робочими площами. Усередині штока на підшипниках 10 установлений вал 1 механізму повороту. На нижній частині штока є проточка і виступ, які призначені для встановлення і фіксації механізму повороту. На верхньому кінці вала 1 є лиски і різьбовий отвір, призначені для

встановлення і фіксації муфти з упорами. На верхній частині механізму підйому розміщений кронштейн, призначений для установки амортизатора повороту.

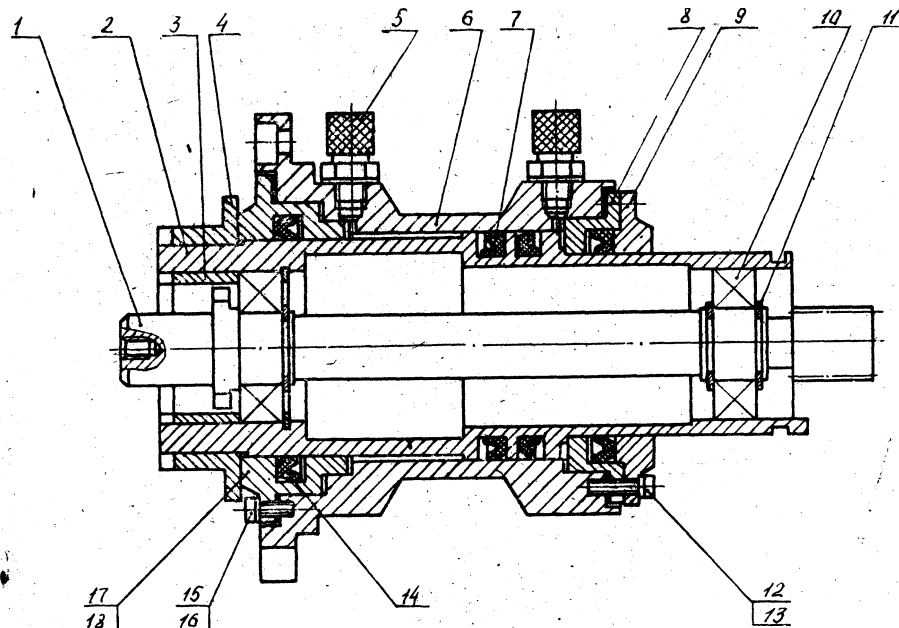


Рисунок 6. Механізм підйому: 1 – вал; 2 – шток; 3 – втулка; 4 – кронштейн; 5 – з'єднання пряме кінцеве; 6 – корпус; 7 – манжета; 8 – кришка; 9 – кришка; 10 – підшипник; 11 – кільце пружинне; 12 – гвинт; 13 – шайба пружинна; 14 – манжета; 15 – гвинт; 16 – шайба пружинна; 17 – кришка; 18 – прокладка

Розміщення упорів механізму підйому показане на рис. 7. Застосовуються два типи упорів. Упори 1 і 4 основні. Упор 6 допоміжний (регулювальний) призначений для полегшення регулювання нижнього основного упора, що знаходиться під час налагодження під дією ваги руки.

На основних упорах установлені КЕМи 12 і 17, а на кронштейні 14 – магніти 15.

Кронштейн 14 з'єднує механізм підйому з механізмом повороту і одночасно запобігає поворот останнього, взаємодіючи з направляючою 3.

Для забезпечення точності позиціювання гвинтом 13 встановлюють зазор не більше 0,05 мм.

Регулювання ходу механізму підйому проводять так:

- пересувають упори 4 і 6 на необхідний розмір, попередньо послабивши їхнє затягування до направляючої 3;
- затягують гвинт 10 упора 6;
- регулюють мікрогвинтом 7 точне положення упора 4 і затягують його гвинтом 5;
- послаблюють затяжку гвинта 2 упора 1;
- пересувають упор 1 на необхідний розмір і затягують гвинт 2.

При цьому враховують, що максимальний хід мікрогвинта 7 складає 2 мм із контргайкою і 6 мм без неї, а необхідні при регулюванні вертикальні переміщення руки здійснюють вручну або від ЭЦПУ-6030 при тиску повітря 0,1- 0,15 МПа.

Після регулювання ходу механізму підйому проводять настроювання КЕМів, для цього:

- ❖ підводять кронштейн 14 із магнітами 15 до упора 1;
- ❖ установлюють переміщенням плати 16 і КЕМа 17, положення останнього при якому він надійно спрацьовує;
- ❖ закріплюють плату 16 гвинтами а КЕМ 17 клеєм. Аналогічно проводять установку і закріплення плати 11 і КЕМа 12.

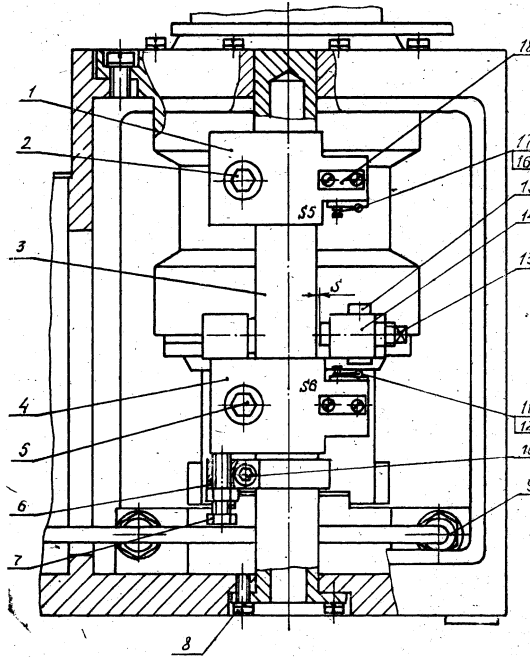


Рисунок 7. Вид на упори механізму підйому: 1 – упор; 2 – гвинт; 3 – направляюча; 4 – упор; 5 – гвинт; 6 – упор регульовальний; 7 – мікрогвинт; 8 – гвинт; 9 – з'єднання пряме кінцеве; 10 – гвинт; 11 – плата; 12 – магнітокерований контакт; 13 – гвинт; 14 – кронштейн; 15 – магніт; 16 – плата; 17 – магнітокерований контакт; 18 – плата.

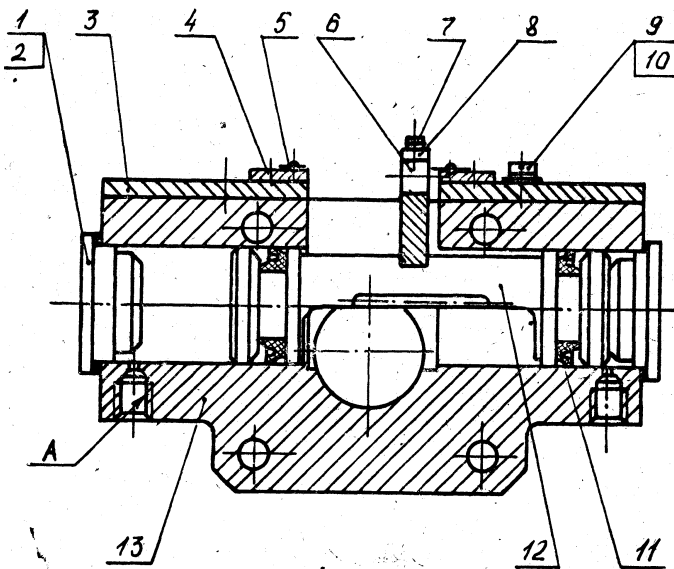


Рисунок 8. Механізм повороту: 1 – фланець; 2 – прокладка; 3 – планка; 4 – плата; 5 – магнітокерований контакт (КЕМ); 6 – магніт; 7 – гвинт; 8 – планка; 9 – гвинт; 10 – шайба пружинна; 11 – манжета; 12 – рейка; 13 – корпус.

2.3.2.3. Механізм повороту (рис. 8).

Механізм повороту призначений для забезпечення повороту руки маніпулятора.

Механізм повороту складається з корпусу 13, у якому переміщується шток-рейка 12, ущільнена манжетами 11, фланців 1 з прокладками 2, що закривають поршневі порожнини. На рейці 12 встановлена планка 8 із магнітом 6, а на корпусі 13 встановлені планки 3 і плати 4 з КЕМами 5.

При монтуванні механізму повороту на механізмі підйому, зуби рейки 12 входять у

зачеплення з валом, встановленим в штоку механізму підйому, а при подачі повітря в пневмоциліндр через отвір А поступальний рух рейки перетвориться в обертний рух. При переміщенні рейки магніт 6 підходить до КЕМу і відбувається спрацювання останнього.

2.3.2.4. Муфта з упорами (рис. 9).

Муфта з упорами призначена для з'єднання руки з валом механізму повороту і для забезпечення регулювання кутів повороту руки. Муфта з упорами складається з муфти 1, упорів 2 і регулювальних упорів 4. При здійсненні повороту упор 2 заходить на виступ амортизатора 3 і дожимає останній до краю.

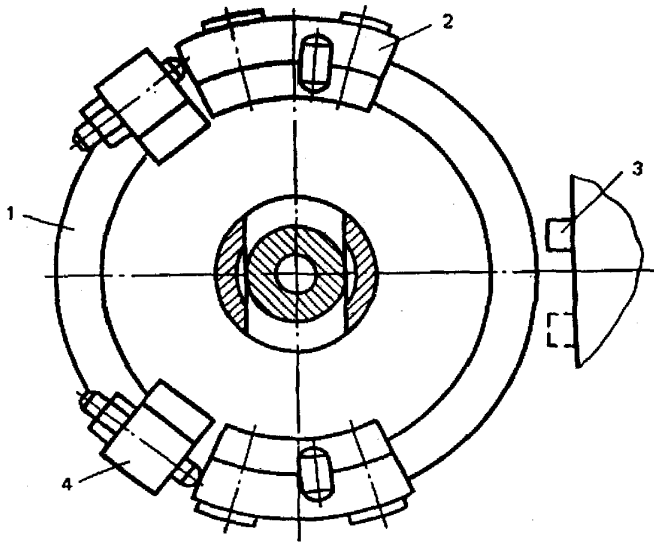


Рисунок 9. Муфта з упорами:

1 – муфта; 2 – упор; 3 – амортизатор; 4 – упор регулювальний

Регулювання механізму повороту зводиться до установки упорами 2 і 4 необхідного кута повороту руки в горизонтальній площині з наступним налагодженням КЕМів.

2.3.2.5. Рука (рис. 10).

Рука призначена для забезпечення висунання захоплювача в робочу зону і складається з корпусу 16, штока 13, направляючої

21, основних упорів 10 і 18, регулювальних упорів 9 і 17, амортизатора 15. У корпусі встановлена ущільнена кільцями 3 гільза 2, в якій ходить шток-поршень 13, ущільнений манжетами 6. Повітря підводиться до штуцерів 14 і через канали, виконані усередині корпусу, надходить у штокові порожнини.

Направляюча 21 служить обмежувачем штока, а отже і захоплювача, від повороту. Періодичне змащування направляючих втулок 20 здійснюється через прес-масельничку 19.

Під кришкою 1 розміщені КЕМи 5 і проводи, підведені до них, а на основних упорах 10 і 18 встановлені магніти 12.

При подачі повітря відбувається переміщення штока-поршня 13 разом із направляючою 21 і упорами 9, 10, 17, 18.

Упор 10 заходить на амортизатор, втискує шток амортизатора 15 до краю. Одночасно магніт 12 підходить до КЕМу 5, останній спрацює і видає сигнал про виконання команди.

Регулювання руки зводиться до установки упорами 9, 10, 17 і 18 необхідної величини висунання штока.

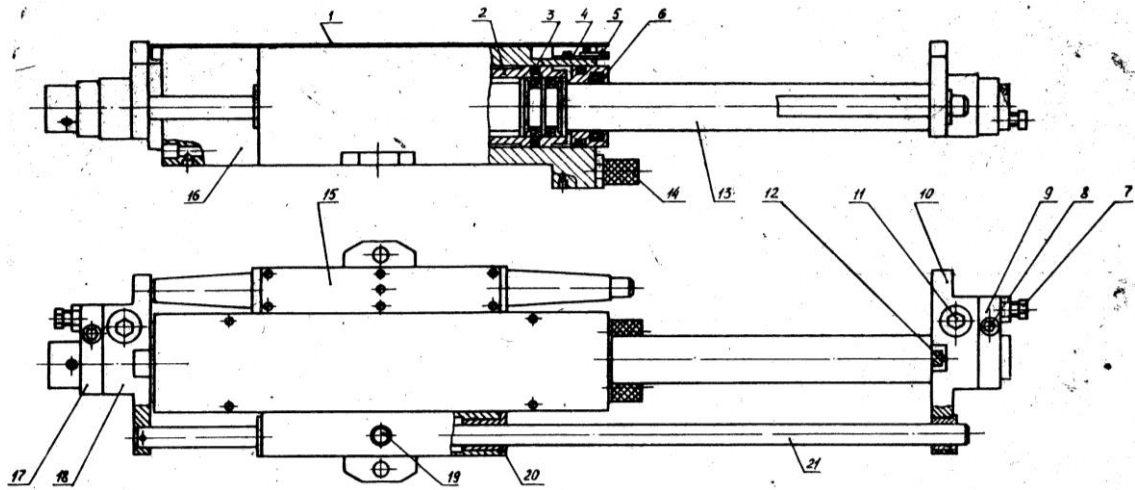


Рисунок 10. Рука: 1 – кришка; 2 – гільза; 3 – кільце гумове; 4 – скоба; 5 – магнітокерований контакт (КЕМ); 6 – манжета; 7 – мікрогвинт; 8 – гвинт; 9 – упор регулювальний; 10 – упор; 11 – гвинт; 12 – магніт; 13 – шток; 14 – з'єднання пряме кінцеве; 15 – амортизатор; 16 – корпус; 17 – упор регулювальний; 18 – упор; 19 – масельничка; 20 – втулка; 21 – направляюча.

2.3.2.6. Амортизатор руки (рис. 11).

Амортизатор руки призначений для забезпечення плавного гальмування рухомих елементів руки при виході на упор. Амортизатор складається з корпусу 13, у якому встановлені два притертих і додатково ущільнених гумовими кільцями штоки 1, із регулювальної голки 10, притертого стержня 12, втулок 5 і 7, ущільнених кільцями 6 і фланців 8. Під кришкою 3 розміщений заповнений маслом живильний резервуар А.

При переміщенні штока 1 спочатку відбувається перекриття отвору, що з'єднує живильний резервуар із штоковою порожниною, а потім відсічений об'єм масла по каналі, задросьованому голкою 10, передавлюється в протилежну штокову порожнину, що утворилася при висуванні протилежного штока 1. При повному вдавлюванні штока 1 відбувається перекачування масла в протилежну порожнину, повне висування протилежного штока 1 і з'єднання утвореної штокової порожнини з підживлюючим резервуаром А. Наявність підживлюючого резервуара дозволяє компенсувати можливі втрати масла і забезпечує надійну роботу амортизатора.

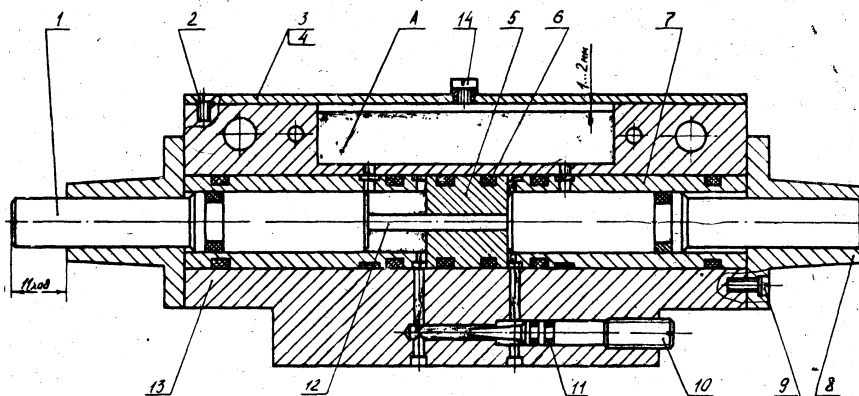


Рисунок 11. Амортизатор руки: 1 – шток; 2 – гвинт; 3 – кришка; 4 – прокладка; 5 – втулка; 6 – кільце гумове; 7 – втулка; 8 – фланець; 9 – гвинт; 10 – голка; 11 – кільце гумове; 12 – стержень; 13 – корпус; 14 – гвинт

Підживлюючий резервуар А заповнюється індустриальним маслом И-20А ГОСТ 20799-75. Верхній рівень масла повинен бути на 1-2 мм нижчим площини корпусу, а нижній рівень – повинен бути на 1-3 мм вище площини днища резервуара. Після заповнення амортизатора маслом здійснюється видалення повітря з внутрішніх об'ємів шляхом прокачування, тобто переміщенням штоків добиваються припинення виділення повітряних бульбашок. Після прокачування доливають масло до необхідного рівня. Регулювання амортизатора зводиться до забезпечення плавного гальмування, для чого встановлюють необхідне прохідне січення голкою 10.

2.3.2.7. Амортизатор повороту (рис. 12).

Амортизатор повороту призначений для забезпечення плавного гальмування оберткових елементів механізму повороту. Амортизатор повороту по виконанню, роботі і експлуатації аналогічний амортизатору руки, описаному в п. 3.2.6. Відмінність тільки в тому, що штоки 10 пов'язані між собою скобою 1, що має виступ, який при повороті руки взаємодіє з упорами.

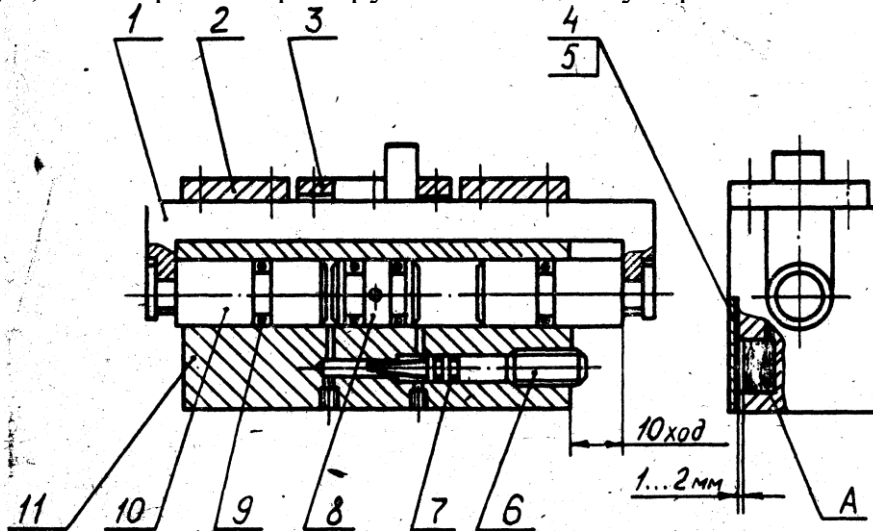


Рисунок 12. Амортизатор повороту: 1 – скоба; 2 – пластина; 3 – накладка; 4 – кришка; 5 – прокладка; 6 – голка; 7 – кільце гумове; 8 – пробка; 9 – кільце гумове; 10 – шток; 11 – корпус.

Хід роботи

1. Вивчити принцип роботи і будову живильного механізму та промислового робота МП-9С використовуючи опис і реальну конструкцію. При вивченні конструкції необхідно зняти кожух і бокові кришки маніпулятора, а також захисні кожухи механізму живлення.

2. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора та механізму живлення.

3. Вивчити принцип роботи і конструкцію приводів лінійного переміщення стола живильного механізму та виконавчого органу промислового робота МП-9С. Звернути увагу на розташування демпферів, вивчити конструкцію дроселів і спосіб їх регулювання.

4. Вивчити принцип роботи і конструкцію механізмів підйому і повороту виконавчого органу промислового робота МП-9С.

5. Вивчити конструкцію електромагнітного захоплюючого пристрою

використовуючи креслення (рис. 1) і реальну конструкцію.

6. При відсутності подачі повітря в пневмосхему оцінити вручну рухомість виконавчого органу робота при висуненні, підйомі і повороті, зусилля руху з початкового положення.

7. Схематично зарисувати компоувальну схему РТК завантаження штампувального обладнання.

8. Визначити кількість степеней рухомості промислового робота і встановити в якій системі координат він працює.

9. Зобразити на компоувальній схемі РТК завантаження штампувального обладнання робочу зону промислового робота і вказати її розміри. Для визначення розмірів робочої зони необхідно зробити заміри величин лінійного і кутового переміщення рухомих ланок промислового робота.

10. Зобразити кінематичні схеми живильного механізму та промислового робота. На кінематичній схемі зобразити місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів РТК та місця кріплення демпфуючих пристроїв.

11. Зобразити пневматичну схему живлення приводів механізму живлення та промислового робота.

12. Вивчити послідовність роботи (рухів ланок промислового робота, спрацювання електромагнітного захоплювача, завантажувальних рухів стола живильного механізму) окремих елементів РТК. Зобразити алгоритм роботи РТК.

13. Оцінити час необхідний на виконання робочих рухів окремих елементів РТК. Зобразити циклограму роботи РТК.

Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

1. Основні відомості по РТК завантаження штампувального обладнання;
2. Висновки по пунктах 1...6, 8 ходу роботи;
3. Компоувальну схему РТК завантаження штампувального обладнання на якій повинна бути зображена робоча зона промислового робота та вказані її розміри;
4. Кінематичні схеми живильного механізму та промислового робота, на якій повинні бути зображені місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів РТК та місця кріплення демпфуючих пристроїв;
5. Пневматичну схему живлення приводів механізму живлення та промислового робота;
6. Алгоритм та циклограму роботи РТК.

Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості живильного механізму.
2. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості пневмоприводів лінійного і обертового руху виконавчого пристрою робота МП-9С.
3. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості гідравлічних демпферів для амотизації поступальних і обертових рухів виконавчого пристрою промислового робота.

4. Вказати способи регулювання швидкості руху ланок пневматичних приводів живильного механізму та промислового робота.
5. Вказати негативні фактори, які впливають на роботу РТК викликані недостатнім демпфуванням руху виконавчого пристрою робота.
6. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості датчиків кінцевого положення виконавчих елементів живильного механізму і промислового робота.
7. Вказати методи переналагодження РТК на роботу з деталями інших типорозмірів та конфігурації.
8. Обґрунтувати у яких технологічних процесах допускається застосування циклових робіт.

Лабораторна робота № 7. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГНУЧКОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ДІЛЬНИЦЕЮ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ МКП-1

Мета роботи: вивчення будови пристрою циклового програмного керування МКП-1 та принципів його функціонування при реалізації різноманітних режимів і команд; освоєння методики проектування і придбання практичних навичок програмування системи керування гнучкою автоматизованою дільницею.

Технічні характеристики програмованого мікроконтролера МКП-1

Тип керування – цикловий (по часовому, шляховому або сумісному принципах), програмно сумісний.

В залежності від обсягу пам'яті робочих програм, кількості входів-виходів і наявності модуля послідовного інтерфейсу мікроконтролери виготовляються наступних типів:

Таблиця .1.

Тип	Скорочене позначення	Обсяг пам'яті програм Кбайт, команд	Кількість входів	Кількість виходів модуля послідовного інтерфейсу
4СМЗ.	МКП-1-16-0.5	0.5; 256	16	16
-01	МКП-1-32-0.5	0.5; 256	32	32
-02	МКП-1-48-1	1; 512	48	48
-03	МКП-1-48-2	2; 1024	48	48

Програмовані функції:

- керування виходами на виконавчі пристрої;
- прийом інформації, яка поступає від датчиків стану обладнання;
- формування витримок часу;
- керування лічильниками;
- звертання до підпрограм;
- організація умовних і безумовних переходів по програмі;
- зв'язок з керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу по інтерфейсу послідовної передачі інформації.

. Сервісні функції:

- редагування програм;
- тестовий контроль модулів;
- контроль робочих програм.

Режими роботи:

- під керуванням програми, яка записана в пам'ять робочих програм (автоматичне керування);
- під керуванням команд, які подані з пульта керування (ручне керування);
- покрокове виконання програми;
- запис команд в пам'ять робочих програм (програмування);

- перегляд програми (вивід на індикацію вмісту пам'яті робочих програм).

Ввід і відладка програм, керування режимами роботи з клавіатури вмонтованого пульта керування. Відображення інформації на однорядковому дисплеї і світлодіодних індикаторах пульта керування.

індикацію стану кожного входу і виходу.

Мікроконтролер при використанні живлення пам'яті робочих програм від акумуляторів, які вмонтовані, Число клавіш для вводу інформації – 17.

Число знакомісць дисплею – 8.

Система числення при вводі інформації з клавіатури пульта керування і виводі її на дисплей – шістнадцяткова.

Дискретність задання витримок часу – 0,1 с.

Параметри сигналів зв'язку з зовнішніми пристроями:

1) вихідні сигнали для керування виконавчими пристроями:

напруга постійного струму, яка комутується, В 20...30;

максимальний струм, який комутується по кожному виході, А 0,5;

спад напруги на включеному виході при струмі навантаження 0,24 А, В, не більше 2;

2) параметри входних сигналів з зовнішнього обладнання:

високий рівень напруги постійного струму, В 20...30

низький рівень напруги постійного струму, В не більше 5

вхідний струм при вихідній напрузі 24В, мА 13

час реакції на передній фронт вхідного сигналу, мс 4.

Мікроконтролер забезпечує світлову забезпечує збереження інформації, яка записана в пам'ять, при виключенні основного живлення.

Мікроконтролер виконання 4СМ3.611.014-03 забезпечує можливість обміну інформацією з керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу по каналу послідовної передачі даних. Довжина лінії зв'язку – до 300м.

Середній термін служби до списання не менше 10 років.

Живлення – мережа змінного струму напругою 220+10% В, частотою 50 Гц.

Потужність яка споживається, не більше 100 Вт.

Габаритні розміри, мм, не більше

довжина 440

ширина 275

висота 170.

Маса не більше 10кг.

Будова та принцип роботи МКП-1

Конструкція мікроконтролера.

Максимальну конфігурацію з числа розроблених для мікроконтролера модулів має виконання МКП-1-48-2 (4СМ3.611.014-03).

Головними конструктивними вузлами МКП-1 є:

- корпус;
- пульт керування;
- функціональні модулі;
- модулі джерела живлення.

Модулі мікроконтролера, які входять до складу всіх виконань, вказані в табл. 2.

Таблиця 2.

Назва	Позначення	К-сть
Пульт керування	4CM5.437.227	1
Модуль керування		1
Модуль процесора	4CM5.553.034	1
Модуль енергонезалежного ЗП	4CM5.553.026	1
Модуль пам'яті	4CM5.553.035	1
Модуль вводу дискретних сигналів	4CM5.553.027-01	1
Модуль виводу дискретних сигналів	4CM5.553.028	1
Модуль перетворювача	4CM5.553.029	1
	4CM5.553.032	1
Модуль стабілізатора 5В	4CM5.553.031	1
Модуль стабілізатора 12В	4CM5.553.030	

Лицьові планки функціональних модулів, модулів джерела живлення і лицьова панель пульта керування утворюють передню панель мікроконтролера, на якій розміщені всі необхідні органи керування і індикації:

вимикач СЕТЬ, індикатор напруги живлення мережі і запобіжники, включені в мережу первинного живлення;

індикатори наявності напруги вторинних стабілізованих джерел живлення +5, +12, -5В;

індикатори стану входів і виходів мікроконтролера, розміщених на лицьових планках модулів вводу і виводу дискретних сигналів;

індикатор ОЖ, включений стан якого сигналізує оператору про те, що мікроконтролер знаходиться в режимі очікування вводу з клавіатури пульта керування.

Планка 19 прикриває з лицьової сторони мікроконтролера вільну позицію 23, яка використовується для під'єднання до магістралі МКП-1 за допомогою перехідної плати спеціального технологічного обладнання.

Такі ж планки встановлюються на вільних від модулів вводу і виводу дискретних сигналів позиціях.

Модулі мікроконтролера мають два головних конструктивних варіанти виконання:

1) встановлені за пультом оператора модуль керування, модуль послідовного інтерфейсу, модуль енергонезалежного ЗП виконані на двохсторонніх печатних платах розміром 140x160 мм і не мають лицьових планок;

2) інші модулі виконані на двохсторонніх печатних платах розміром 140x180 мм і використовують у своєму складі лицьові планки з органами керування та індикації.

Пульт керування включає в себе 8-розрядний однорядковий дисплей, індикатори режимів роботи і клавіатуру.

Конструкція мікроконтролера передбачає по бажанню замовника два варіанти його розміщення на місці експлуатації:

- настільний;
- стійковий.

На задній панелі мікроконтролера закріплений фільтр живлення (з внутрішньої сторони) і розетки з'єднувачів типу РП15-32 призначені для під'єднання зовнішнього обладнання.

В таблиці 3 представлені варіанти розміщення розеток з'єднувачів типу РП15-32 на задній стінці мікроконтролера з вказанням їх позначення і призначення в залежності від виконання мікроконтролера.

Таблиця 3.

Позначення розеток з'єднувачів	Виконання мікроконтролера				Призначення розеток з'єднувачів
	МКП-1-16-05	МКП-1-32-05	МКП-1-48-1	МКП-1-48-2	
00-0F	+	+	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 00-0F
00-0F	+	+	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 00-0F
10-1F	–	+	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 10-1F
10-1F	–	+	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 10-1F
20-2F	–	–	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 20-2F
20-2F	–	–	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 20-2F
“ПІ”	–	–	–	+	Під'єднання каналу послідовної передачі даних

Елементна база мікроконтролера – інтегральні мікросхеми серій КР 140, КМ 155, КР 188, К 555, К 293, К 573, К589, КР580 ИК80А і дискретні елементи.

Структурна схема мікроконтролера.

Мікроконтролер представляє собою орієнтований на задачі циклового і програмно-логічного керування технологічним обладнанням мікропроцесорний пристрій, алгоритм роботи якого визначається програмою, яка введена в його пам'ять.

В складі виробу можна виділити:

- модуль процесора;
- систему пам'яті, яка включає в себе модуль пам'яті і модулі енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою;
- систему вводу-виводу, яка забезпечує з допомогою відповідних модулів зв'язок модуля процесора з пультом керування, керуючої ЕОМ вищого рангу і зовнішнім технологічним обладнанням;
- систему енергоживлення.

Модуль процесора (МПР), виконаний на базі ВІС КР580ИК80 здійснює

збір, цифрову обробку і вивід інформації у відповідності з виконавчою програмою, записаною в постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) модуля пам'яті.

Виконавча програма є невід'ємною частиною мікроконтролера, невидимою і недоступною для користувача. Її призначення – перетворення інструкцій, введених оператором з допомогою пульта керування або поступаючих від керуючої програми, в послідовність кодів машинної мови мікропроцесора, які реалізують ці інструкції.

Керуюча програма – програма, написана користувачем в кодах команд вхідної мови мікроконтролера і яка забезпечує виконання заданого алгоритму керування зовнішнім обладнанням. Вона розміщена в модулях енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою (МЕНЗП) і зберігається при відключенні первинного живлення мікроконтролера завдяки використанню в кожному МЕНЗП батареї дискових акумуляторів.

Пульт керування (ПК) разом з модулем керування (МК) складають технічні засоби спілкування оператора з мікроконтролером. ПК включає в себе клавіатуру для вводу команд і керування режимом роботи мікроконтролера, однорядковий дисплей призначений для відображення інформації яку контролює оператор і індикатори режимів роботи.

МК забезпечує спраження клавіатури і індикації ПК з внутрішньою лінією обміну інформацією мікроконтролера.

Модулі вводу (МВВ) і виводу (МВІВ) дискретних сигналів призначені для зв'язку мікроконтролера з зовнішнім технічним обладнанням – електропневмоперетворювачами, реле, елементами сигналізації, давачами стану обладнання (контактними і безконтактними) виконавчими пристроями і т.п. Вони забезпечують перетворення рівнів і гальванічну розв'язку сигналів, а також індикацію стану кожного входу і виходу мікроконтролера.

Модуль послідовного інтерфейсу (МПІ) призначений для обміну інформацією між мікроконтролером і керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу в АСУТП, побудованих по ієрархічному принципу.

МПІ перетворює паралельний формат даних в послідовний при виводі даних з мікроконтролера і навпаки – при вводі. Використання послідовного формату дозволяє суттєво скоротити витрати на лінію зв'язку і підвищити її завадостійкість.

Система електроживлення мікроконтролера перетворює первинну напругу мережі у вторинну стабілізовану напругу величиною +5 В, +12 В, необхідну для живлення його модулів.

Режими роботи мікроконтролера.

Для виконання операцій вводу, контролю, відладки і виконання керуючих програм в мікроконтролері передбачені п'ять режимів роботи: “Ручний”, “Покроковий”, “Автоматичний”, “Ввід програми”, “Перегляд програми”.

Режим керування “Ручний” забезпечує можливість виконання програми зразу після вводу її з клавіатури ПК без запам'ятовування коду в ЕНЗП мікроконтролера, що дозволяє реалізувати оперативну відладку керуючого обладнання.

Щоб перейти в режим “Ручний”, натисніть клавішу режиму Р і, не відпускаючи її, клавішу 1. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму роботи Р.

При включенні живлення і після натискання кнопки СБР мікроконтролер переходить в режим “Ручний”.

Для вводу коду команди виконайте послідовно чотири натискання на клавішу ПК, які відповідають значенням “N3”, “N2”, “N1”, “N0”, перевіряючи перед кожним натисканням готовність мікроконтролера до прийому інформації з клавіатури по стану індикатора ОЖ.

Правильність вводу з клавіатури контролюйте по послідовному виводі значень “N3”, “N2”, “N1”, “N0” на відповідне знакомісце дисплея ПК: “N3”, “N2” – в зоні коду операції; “N1”, “N0” – в зоні операнда.

У випадку помилки при введенні будь-якого із значень “N3”, “N2”, “N1”, “N0” ще раз включіть режим “Ручний” і повторіть ввід коду команди.

Переконавшись в правильності вводу, натисніть довільну інформаційну клавішу ПК при цьому мікроконтролер здійснює виконання введеної команди.

Введений код індикується на дисплеї протягом всього часу виконання команди, якщо зміна індикації не передбачена самою командою. Після закінчення виконання команди дисплей гасне.

Режим “ВВІД ПРОГРАМИ”.

Режим “ВВІД ПРОГРАМИ” використовується при записі кодів команд керуючої програми в ЕНЗП. Необхідна команда набирається оператором на клавіатурі ПК. Процесор під керуванням виконавчої програми зчитує коди натиснутих клавіш формує з них код команди і пересилає його в ЕНЗП за адресою, яка визначається лічильником команд, який розміщений в ОЗП МП. Після закінчення пересилання кожної команди вміст лічильника команд збільшується на одиницю. Інформація, яку вводять разом з поточним значенням лічильника команд відображається на дисплеї ПК.

Щоб включити режим “ВВІД ПРОГРАМИ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 3. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму роботи ВП, а на дисплеї в зоні адреси індикується значення базової адреси (“БА”) і лічильника команд (“ЛК”). Всі інші зони дисплею погашені.

Ввід коду команди виконайте аналогічно вводу в режимі “Ручний”. У випадку помилки при вводі ще раз включіть режим “ВВІД ПРОГРАМИ” (значення “БА” і “ЛК” в зоні адреси не змінюється), повторіть ввід коду команди.

Впевнившись в правильності вводу, натисніть будь-яку інформаційну клавішу ПК, при цьому сформований код записується в ЕНЗП за адресою яка визначається значенням “ЛК” і “БА”.

Після закінчення запису коду в ЕНЗП значення “ЛК” збільшується на одиницю і виводиться на дисплей в зоні адреси. Інші зони дисплея погашені. Мікроконтролер готовий до прийому і запису нового коду.

Режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ”

Структура технічних засобів мікроконтролера в режимі “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” аналогічна розглянутій “ВВІД ПРОГРАМИ”, але напрям

проходження інформації протилежний. У відповідності з адресою комірки ЕНЗП, який записаний в лічильнику команд процесор проводить зчитування інформації яка міститься в цій комірці і виводить її на індикацію разом з поточним значенням лічильника команд. Вміст лічильника команд модифікується і процесор переходить в режим очікування натискання клавіші, який приймає як команду виводу на індикацію вмісту комірки ЕНЗП.

Режим використовується для контролю оператором керуючої програми, яка зберігається в пам'яті мікроконтролера.

Щоб включити режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 4, якщо перегляд іде в напрямку збільшення і клавішу 5, якщо в напрямку зменшення адреси керуючої програми.

При цьому повинен включатись індикатор режиму роботи ПП, на дисплеї в зоні адреси відображається значення “БА” і “СК”, в зонах коду операції і операнда – код команди, записаний в ЕНЗП за цією адресою.

Натисканням на будь-яку інформаційну клавішу значення “СК” збільшується (зменшується) на одиницю і на дисплей виводяться адреса і код наступної команди.

Режим “ПОКРОКОВИЙ”.

В режимі “ПОКРОКОВИЙ” кожне натискання інформаційної клавіші дозволяє виконання однієї команди, що дозволяє оператору виконувати керуючу програму, записану в ЕНЗП, в необхідному йому темпі і використовувати цей режим як відладочний.

Для включення режиму “ПОКРОКОВИЙ” натисніть клавішу режиму Р і невідпускаючи її клавішу 2. При цьому повинен включитись індикатор режиму роботи “Ш”.

На дисплеї відображається значення “БА” і “СК” разом з кодом команди, записаним в ЕНЗП за адресою, яка визначається її значенням.

Натискання будь-якої інформаційної клавіші приводить до виконання записаної програми і по закінченню виконання виводу на дисплей адреси і коду наступної команди керуючої програми.

Режим “АВТОМАТИЧНИЙ”.

Головним режимом, призначеним для керування технологічним обладнанням у відповідності з алгоритмом, реалізованим у вигляді керуючої програми, є режим “АВТОМАТИЧНИЙ”.

Для включення режиму “АВТОМАТИЧНИЙ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 0. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму А, дисплей погашений за виключенням тих моментів, коли індикація обумовлена командою, яка виконується.

Виконання керуючої програми починається з адреси, рівної вмісту “СК” і “БА” в момент включення режиму “АВТОМАТИЧНИЙ”.

Щоб зупинити виконання керуючої програми в режимі “АВТОМАТИЧНИЙ” переключіть мікроконтролер в будь-який інший режим роботи.

Мікроконтролер виконає чергову команду керуючої програми, збільшить

значення “СК” на одиницю і перейде в потрібний режим. При включенні режимів “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” або “ПОКРОКОВИЙ” на дисплеї відобразиться адреса і код наступної команди. Використовуючи цю інформацію оператор може визначити, в якому місці керуючої програми зупинився мікроконтролер.

При включенні режиму “АВТОМАТИЧНИЙ” виконання керуючої програми буде проводитись з команди, на якій зупинився мікроконтролер.

Зупинити виконання керуючої програми можна також командою “СТОП”, введеною в потрібне місце програми. В цьому випадку для подальшого пуску керуючої програми натисніть будь-яку інформаційну клавішу.

Можлива зупинка керуючої програми з допомогою зовнішнього сигналу.

Запис, перегляд і виконання керуючої програми можна починати з довільної адреси ЕНЗП, для чого в режимі “РУЧНИЙ” виконайте безумовну передачу керування на потрібну адресу, замінивши, якщо необхідно, перед цим базову адресу програми. Потім переключіть мікроконтролер в потрібний режим роботи для виконання необхідної операції.

При роботі мікроконтролера в режимі “АВТОМАТИЧНИЙ” інформація клавіатурно заблокована, мікроконтролер реагує тільки на зміну режиму.

Примітка. Натискання на інформаційні клавіші 6...F при натиснутій клавіші режиму Р приводить до переключення мікроконтролера в режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” (із змінами “СК” в сторону збільшення значення адреси).

Програмування мікроконтролера МКП-1

Система команд мікроконтролера.

Мікроконтролер оснащений системою команд, призначеною для вирішення задач циклового і програмно-логічного керування дискретними виробничими процесами, яка забезпечує простоту і високу продуктивність програмування. Вихідна інформація для складання програм може бути представлена циклограмою роботи обладнання, блок-схемою алгоритму керування або у вигляді булевих функцій.

Система команд мікроконтролера реалізована виконавчою програмою, яка зберігається в ППЗУ модуля пам'яті.

Команди мікроконтролера можна розділити по функціональному призначенню на наступні групи:

- 1) команди вводу-виводу;
- 2) команди керування програмою;
- 3) команди керування лічильниками;
- 4) команди контролю і редагування програми;
- 5) команди тестового контролю функційних блоків.

Система команд мікроконтролера наведена в таблиці 4.

Таблиця 4.

Скорочене позначення команди	Формат команди		Короткий зміст
	Код операції N3 N2	Операнд N1 N0	
КОМАНДИ ВВОДУ–ВИВОДУ			
ОЖО	01	Адреса входу	Очікування відсутності вхідного сигналу. Перехід до виконання наступної команди програми проходить тільки при відсутності сигналу на вході з заданою адресою.
ЩЖО	02	Адреса входу	Очікування наявності вхідного сигналу. Перехід до виконання наступної команди програми проходить тільки при наявності сигналу на вході з заданою адресою.
ОЖО	03	Адреса входу	Перевірка входу на відсутність сигналу. При відсутності сигналу на вході з заданою адресою біт умови зберігає попереднє значення, в протилежному випадку біт умови обнуляється.
ПРІ	04	Адреса входу	Перевірка входу на наявність сигналу. При наявності сигналу на вході з заданою адресою біт умови зберігає попереднє значення, в протилежному випадку біт умови обнуляється.
ВКЛ	05	Адреса виходу	Включити вхід із заданою адресою
ВИКЛ	06	Адреса виходу	Включити вихід з заданою адресою
БУ	12	Адреса виходу	Вивід біту умови прямий. Вихід з заданою адресою встановлюється у відповідності з вмістом біту умови.
БУ	13	Адреса виходу	Вивід біта умови інверсний. Вихід з заданою адресою встановлюється у відповідності з значенням, протилежним вмісту біту умови.
Т	07	Т	Витримка часу. Команда затримки виконання керуючої програми на час $T \cdot 0.1 \text{с}$.
КОМАНДИ КЕРУВАННЯ ПРОГРАМОЮ			
НОП	00	00	Немає операції. Безумовний перехід до виконання наступної команди програми.
СТОП	08	00	Зупинка програми.
БУП	09	Адреса команди	Безумовний перехід до виконання команди, яка міститься по вказаній адресі.
УПІ	0A	Адреса команди	Перехід до виконання команди, яка міститься за вказаною адресою, якщо в біті умови “1”. В протилежному випадку (проходить виконання наступної команди програми.

продовження таблиці 4

УПО	0B	Адреса команди	Перехід до виконання команди, яка міститься за вказаною адресою, якщо в біті умови "0". В протилежному випадку проходить виконання наступної команди програми.
БАП	0F	0 Уставка	Зміна базової адреси програми.
ПП	10	Адреса команди	Перехід до підпрограми. Перехід до виконання команди, яка міститься по вказаній адресі, з запам'ятовуванням адреси повернення
ВОЗВ РАТ	11	00	Повернення з підпрограми.
КОМАНДИ КЕРУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКАМИ.			
СС4	0D	0 Номер лічильника	Скидання лічильника. Обнулення лічильника з заданим номером.
+С4	0C	Номер лічильника	Вміст лічильника з заданим номером збільшується на 1.
=С4	0E	Установ ка Номер лічильника	Порівняння лічильника. Якщо вміст лічильника з заданим номером дорівнює уставці, то біт умови збереже попереднє значення "1". В протилежному випадку біт умови обнуляється.
КОМАНДИ КОНТРОЛЮ І РЕДАКТУВАННЯ ПРОГРАМ.			
РЕД	14	Адреса команди	Команда керуючої програми, починаючи із вказаної адреси і до першої адреси, яка містить команду НОП, змінюється в бік збільшення адрес на один крок. По вказаній адресі записується код 0000 команди НОП. Команда РЕД використовується для вставки команд в програму.
КСП	15	Номер сторінки	Обчислення контрольної суми кодів команди, які містяться в сторінці пам'яті із вказаним номером.
КОМАНДИ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІЙНИХ БЛОКІВ			
Тест МПІ	16	00	Команда перевірки МПІ
Тест МЕНЗП	18	Кількі сть модулів які перевіряють ся	Команда перевірки МЕНЗП
Загруз чик	17	Кількі сть модулів вводу/ виводу МЕНЗП	Команда завантаження програми, яка забезпечує комплексну перевірку функційних блоків мікроконтролера
Текст вводу- ви- воду	19	Кількі сть модулі в,що (перевіряют ься)	Команда перевірки системи дискретного вводу- виводу.

Слово команди мікроконтролера ділиться на два поля довжиною по вісім розрядів – поле коду операції і поле операнда. Формат команди мікроконтролера представлений на рис. 1.

“N0”, “N1”, “N2”, “N3” кодуються символами шістнадцяткової системи числення 0, ...9, A, B, C, D, E, F.

Сукупність команд мікроконтролера, яка створює керуючу програму, записується і зберігається в модулі ЕНЗП.

В залежності від варіанту виконання в склад мікроконтролера входить від 1 до 4 модулів ЕНЗП.

Місткість модуля ЕНЗП дозволяє записати 256 команд керуючої програми (512 байт) і складає одну зону пам'яті.

Кожна зона пам'яті в свою чергу, ділиться на дві сторінки, обсягом по 128 команд (256байт).

Номер зони є базовою адресою для відліку команд керуючої програми записаної в цій зоні, і зберігається в службовому регістрі “БА”, який організований виконавчою програмою в ОЗП мікроконтролера.

Крім “БА” в ОЗП організовані наступні регістри:

1) “ЛК” – лічильник команд мікроконтролера, вміст якого визначає адресу команди в межах зони пам'яті;

2) “БУ” – біт умови, значення якого встановлюється в залежності від результату виконання ряду операцій. Аналіз біту умови використовується для керування ходом виконання керуючої програми;

3) “ВС” – регістр-вказівник стеку, який визначає адреси комірок ОЗП (стекової пам'яті), в яких запам'ятовуються значення “БА” і “ЛК” при зверненні до підпрограми, і звідки вони вибираються при виконанні команди “ВОЗВРАТ”;

4) шістнадцять лічильників, вміст яких може змінюватись від 0 до F. При необхідності лічильник може бути використаний як однобітова пам'ять.

Зміну стану службових регістрів наведено в описі відповідних команд.

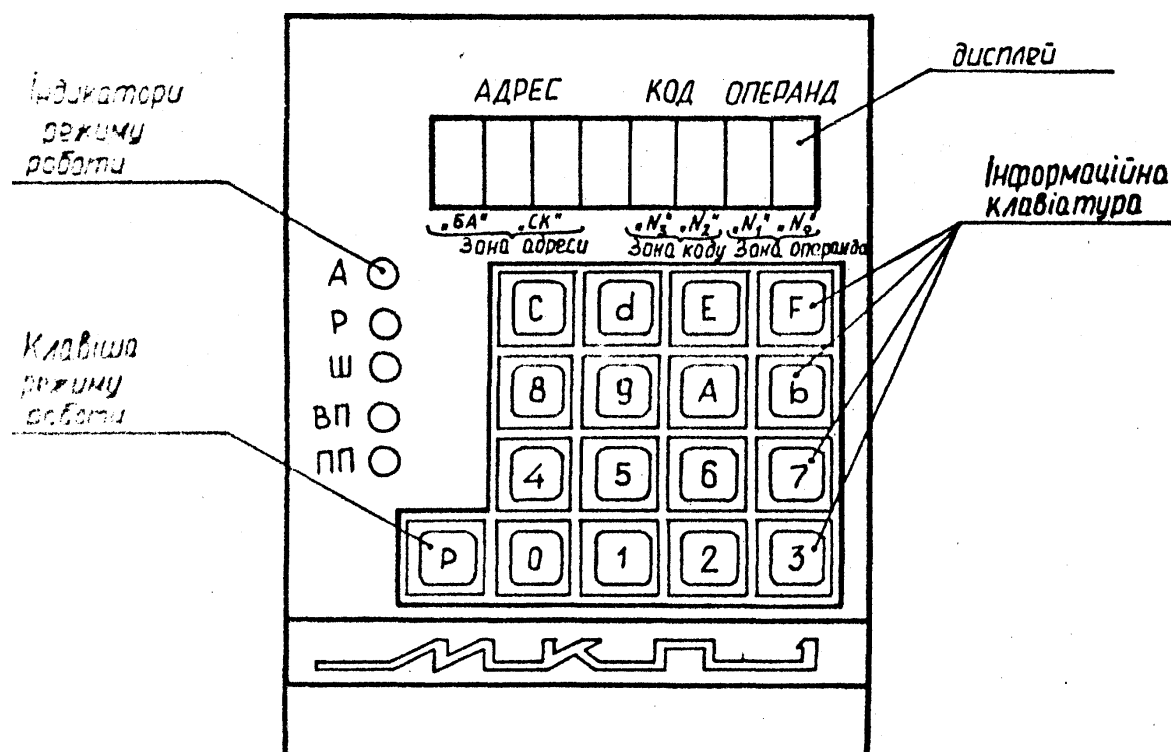


Рисунок 1. Зовнішній вигляд пульта керування

Команди вводу-виводу забезпечують ввід інформації від датчиків стану обладнання і видачу керуючих впливів на виконавчі пристрої (рис. 2).

В командах виводу інформації адреса виходу, яка визначається значенням поля операнда, кодується двома шістнадцятковими цифрами N1, N0 (див. табл. 4), перша з яких може приймати значення від 0 до 2 і визначає один із трьох модулів дискретних сигналів, які можуть бути встановлені в мікроконтролері.

Друге шістнадцяткове число N0 визначає один із шістнадцяти конкретних виходів 0, ... F в межах вибраного модуля. Стан кожного виходу відображається відповідним індикатором, виведеним на передню панель модулів виводу дискретних сигналів.

Приклади зв'язку команд виводу з керованими по них зовнішніми навантаженнями наведені в табл. 5.

Таблиця 5.

Формат команди		КОРОТКИЙ ЗМІСТ
Поле коду операції	Поле операнда	
05	00	Включити навантаження Z0, під'єднане до вихідного роз'єму 00–0F
06	1A	Включити навантаження ZA під'єднане до вихідного роз'єму 00–1F
12	2F	Навантаження ZF під'єднане до вихідного роз'єму 20–2F включити, якщо біт умови встановлений в "1", у протилежному випадку виключити.
13	15	Навантаження Z5, під'єднане до вихідного роз'єму 10–1F включити, якщо біт умови встановлений в "0", в протилежному випадку – виключити.

В командах опитування датчиків стану технологічного обладнання адреси

давачів визначаються аналогічно адресам виходів.

Стан кожного входу відображається на індикаторах 0,...F, виведених на передню панель модулів вводу дискретних сигналів.

Приклад зв'язку команд опитування давачів з їх адресами і під'єднанням до вхідних роз'ємів мікроконтролера наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Формат команди		КОРОТКИЙ ЗМІСТ
Поле коду операції	Поле операнду	
01	00	Очікування розмикання давача D0 під'єданого до роз'єму 1 00–0F. Вхід "0" буде опитуватись до тих пір, поки напруга на контактах 1, 14 не стане близькою до нуля
02	1A	Очікування замикання давача DA під'єданого до роз'єму 1 10–1F. Вхід "A" буде опитуватись до тих пір, поки на контактах 28,11 не з'явиться напруга 20...30В.
03	2F	Перевірка входу на відсутність сигналу. Якщо напруга на контактах 32, 24 роз'єму 1 20–2F, до яких під'єднаний давач DF близько до нуля, біт умови зберігає своє попереднє значення, в протилежному випадку обнуляється.
04	05	Перевірка входу на наявність сигналу. Якщо напруга на контактах 16, 6 роз'єму 00–0F, до яких під'єднаний давач D5, в межах 20...30В, біт умови зберігає своє попереднє значення в протилежному випадку – встановлюється в "0".

Логічна операція "І", яка проходить в "БУ" при виконанні команд опитування виходів, дозволяє реалізувати алгоритм керуючої програми, заданий булевими функціями.

Слід відмітити, що вихідний стан, який приймається бітом умови при включенні живлення мікроконтролера, відповідає логічній "1".

Приклад.

Припустимо закон керування зовнішнім обладнанням визначений виразом:
 $Y1 = X0 \text{ } X1 \text{ } X2 \text{ } X3 \text{ } X4$

$Y2 = Y1$

де – Y1, Y2 виконавчі елементи з адресами 2F і 1A відповідно; X0, X1, X3 – давачі стану технологічного обладнання з адресами 00, 01, 03 відповідно, еквівалентні нормально розімкнутим контактам реле; X2, X4 – давачі стану технологічного обладнання з адресами 02, 04 відповідно, еквівалентні нормально замкнутим контактам реле.

Програма, яка реалізує ці вирази, наведена в табл. 7.

Команда "Витримка часу" призначена для реалізації алгоритмів задач циклового керування, побудованого по часовому принципу.

В полі оператора команди задається величина витримки часу кратна 0,1с. Наприклад, мінімальна витримка, рівна 0,1с задається командою 0701, а максимальне значення рівне 25,5 – командою 07FF. Якщо необхідно отримати

часову затримку, більшу, ніж 25,5с в керуючу програму необхідно послідовно увімкнути дві або декілька команд витримки часу, які забезпечують сумарну затримку яка потрібна.

Таблиця 7.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
000	04	00	Перевірка включеного стану давача X0
001	04	01	Перевірка включеного стану давача X1
002	03	02	Перевірка виключеного стану давача X2
003	04	03	Перевірка включеного стану давача X3
004	03	04	Перевірка виключеного стану давача X4
005	12	2F	Встановлення виходу 2F у відповідності з значенням “БУ” (вмикання, якщо результат попередніх перевірок додатній, і виключення, якщо хоча б одна із перевірок не підтвердилась).
006	13	1A	Встановлення виходу 1A в стан, протилежний значенню “БУ” (увімкнути, якщо хоча б одна з перевірок не підтвердилась, в іншому випадку – виключити).

Приклад:

Припустимо, робота керованого об’єкту описана циклограмою, показаною на рис. 3.

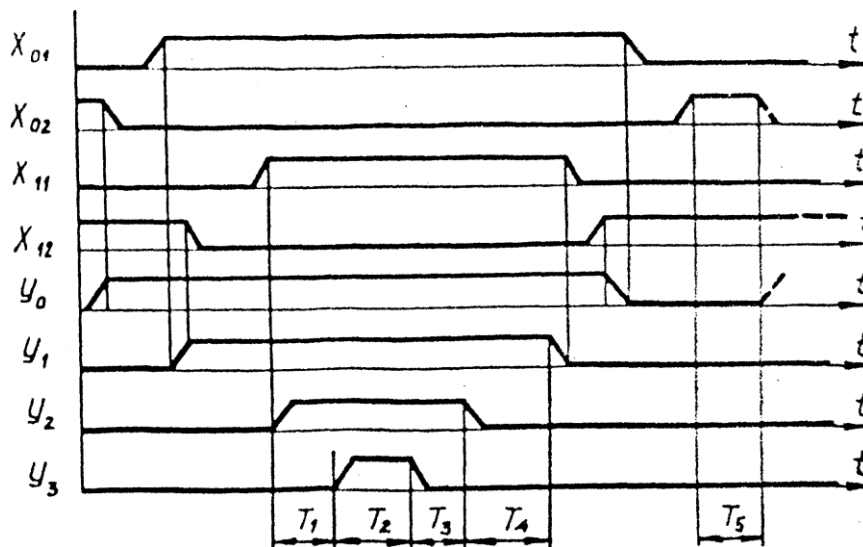


Рисунок3. Циклограма роботи керованого об’єкту

де Y1, Y0 – двохпозиційні об’єкти керування з адресами 01 і 00 відповідно; X01, X02 – шляхові давачі об’єкту керування Y0, з адресами 00 і 01 відповідно; X11, X12 – шляхові давачі об’єкту керування Y1, з адресами 02 і 03 відповідно; Y2, Y3 – виконавчі механізми, які працюють по часовому принципу, під’єднані відповідно по адресах 02 і 03. Керуюча програма, яка реалізує наведену на рис. 3 циклограму наведена в табл. 8.

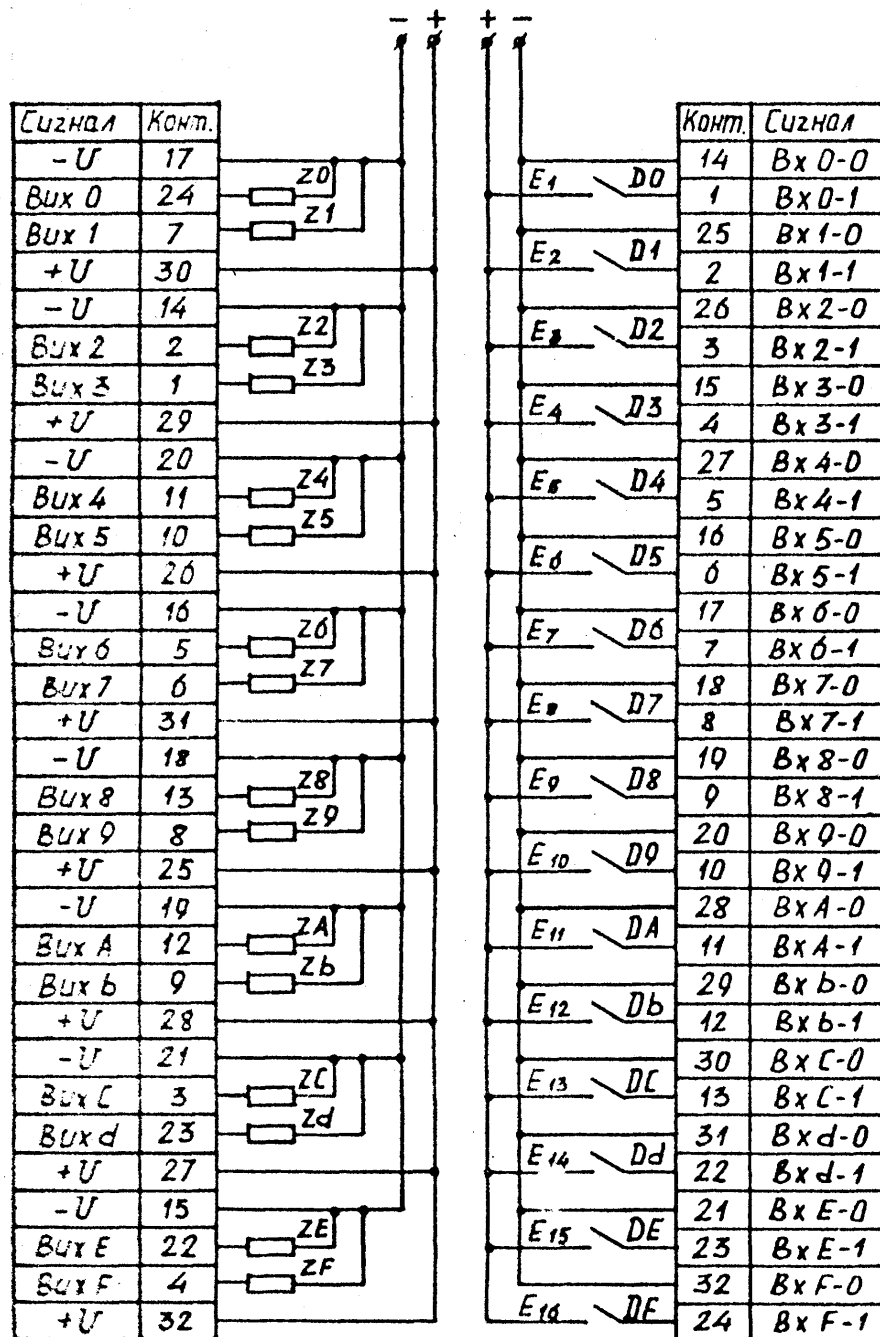


Рисунок 2. Електрична схема комутації входів/виходів мікроконтролера МКП-1

Команди керування програмою дозволяють ефективно вирішувати задачі програмно-логічного керування обладнанням, використовуючи блок-схеми алгоритмів керування.

Команди керування програмою можна розділити на дві групи:

- 1) команди, які зберігають нормальну послідовність виконання команд програми. Це команди “НОП” і “СТОП”;
- 2) команди, які змінюють нормальну послідовність виконання програми – команди безумовного і умовного переходів, команди звертання до підпрограм і повернення з них.

Наперед передбачену зупинку програми можна здійснити командою

“СТОП”. Програма зупиняється із значенням “ЛК”, який вказує на адресу, яка є наступною за адресою команди “СТОП”. Значення “ЛК” і код команди, записаної за цією адресою виводиться на дисплей ПК.

Для дальшого запуску програми натисніть будь-яку інформаційну клавішу ПК. Виконання програми починається з команди, адреса і код якої індикувались на дисплеї ПК при зупинці програми. При запуску програми дисплей ПК загаситься.

Таблиця 8.

Адрес команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
000	05	00	Увімкнути вхід 00 (Y0)
001	02	00	Очікування наявності сигналу на вході 00(X01)
002	05	01	Увімкнути вхід 01 (Y1)
003	02	02	Очікування наявності сигналу на вході 02(X11)
004	05	02	Увімкнути вихід 02 (Y2)
005	07	03	Витримка часу $T1 = 0,3с$
006	05	03	Увімкнути вихід 03 (Y3)
007	07	06	Витримка часу $T2 = 0,6с$
008	06	03	Виключити вихід 03 (Y3)
009	07	03	Витримка часу $T3 = 0,3с$
00A	06	02	Виключити вихід 02 (Y2)
00B	07	04	Витримка часу $T4 = 0,4с$
00C	06	01	Виключити вихід 01 (Y1)
00D	02	03	Очікування наявності сигналу на вході 03(X12)
00E	06	00	Виключити вихід 00 (Y0)
00F	02	01	Очікування наявності сигналу на вході 01(X02)
010	07	03	Витримка часу $T5 = 0,3с$
011	09	00	Безумовний перехід на нульову адресу.

Команда “НОП” може знаходитись в будь-якому місці програми. При її виконанні вміст “ЛК” збільшується на одиницю, тобто пройде безумовний перехід до виконання наступної команди програми.

Розгалуження програми проводиться відносно “ЛК” за допомогою команд умовного переходу. Перехід здійснюється тільки при виконанні визначеної умови, в протилежному випадку “ЛК” вибирає наступну команду.

Умовою, яка аналізує при виконанні команду “УП0” (“УП1”) є вміст “БУ”. Умовний перехід здійснюється, якщо “БУ”=1 при виконанні команди “УП1” або “БУ”=0 при виконанні команди “УП0”.

В полі операнду команд “УП1” і “УП0” задається адреса команди, з якої починається робота програми при виконанні умови, яка реалізується. Адреса переходу задається в межах зони пам’яті. Після закінчення виконання команд “УП1” з кодом 0A0F у випадку, якщо “БУ”=1, “ЛК” приймає значення 0F і програма буде виконуватись з команди, яка записана за цією адресою. Якщо “БУ”=0, то значення “ЛК” збільшиться на 1, і буде виконуватись команда наступна за командою 0A0F.

У випадку, коли необхідно змінити нормальну послідовність виконання команд керуючої програми без аналізу “БУ”, використовується команда безумовної передачі керування.

Адреса переходу в межах зони пам'яті задається в полі операнду команди “БУП”.

Наприклад, по команді безумовного переходу 09FF значення “ЛК” стане рівним FF і наступною буде виконана команда, записана за цією адресою. Команда “БУП” не змінює значення “БУ”.

Використання команди звертання до підпрограми “ПП” є ефективним засобом економії пам'яті, якщо в процесі виконання керуючої програми необхідно багаторазове звертання до незмінної її частини. Ця частина одноразово записується в запам'ятовуючий пристрій і закінчується командою “ВОЗВРАТ”. Звернення до неї здійснюється командою “ПП”, в полі операнду якої внесена її початкова адреса.

При виконанні команди “ПП”, записаної за адресою “N”, вміст “ЛК” збільшується на 1, тобто приймає значення (N+1), і завантажується в стек разом з значенням “БА” зони пам'яті. В “ЛК” буде послана адреса, яка знаходиться в полі операнду команди “ПП”.

Адреса задається в границях зони пам'яті. Починаючи з цієї адреси проходить послідовне виконання команд підпрограми до адреси, за якою знаходиться команда “ВОЗВРАТ”. При виконанні цієї команди вміст стеку (N+1) переміщується в “ЛК”, відновлюється значення “БА” і продовжується виконання команди головної програми, яка записана за адресою (N+1).

Стек, організований в мікроконтролері, дозволяє реалізувати вісім рівнів підпрограми. Приклад організації підпрограми двох рівнів приведений в таблиці 6.9.

Для того, щоб перейти до виконання керуючої програми, розміщеної в другій зоні пам'яті, необхідно змінити базову адресу програми і виконати команду умовного, безумовного переходу або переходу до підпрограми, в полі операнду якої міститься адреса команди зміненої зони пам'яті. Значення “БА” змінюється командою “БАП”, в полі операнду який задається номером зони пам'яті з 0 до F.

Приклад здійснення безумовного переходу з адреси АО нульової зони пам'яті на адресу 02 першої зони наведено в таблиці 10.

При увімкненні живлення мікроконтролера після зкидання значення “БА” встановлюється рівним 0.

Якщо обсяг керуючої програми займає декілька зон пам'яті, при її складанні необхідно здійснити зміни базової адреси програми.

Таблиця 10.

Номер зони	Адреса команди	Формат команди		Зміст
		код операції	операнд	
0	0A0	0F	01	“БА” приймає значення 01
0	0A1	09	02	Безумовний перехід на адресу 02 першої зони пам'яті

Команди керування лічильниками здійснюють операції очищення, інкременту і порівняння над шістнадцятьма лічильниками, вміст яких може змінюватись в межах від 0 до F.

Таблиця 9.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
ГОЛОВНА ПРОГРАМА			
02F	10	50	Перехід в підпрограмі першого рівня (виконання команди, яка міститься за адресою 050). В стеку запам'ятовується адреса 030.
030	05	00	Включити вихід 00
ПІДПРОГРАМА ПЕРШОГО РІВНЯ			
050	03	1F	Перевірка входу 1 F на відсутність сигналу. Якщо сигналу немає, то “БУ”=1
051	0A	53	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 053 (до виконання команди “ВОЗВРАТ”)
052	10	60	Перехід до підпрограми другого рівня (до виконання команди, яка міститься за адресою 060). В стеку запам'ятовується адреса 053.
053	11	00	Повернення в головну програму на адресу 030
ПІДПРОГРАМА ДРУГОГО РІВНЯ			
060	04	02	Перевірка входу 02 на наявність сигналу. Якщо сигнал є, то “БУ”=1.
061	0B	63	Якщо “БУ”=0, то перехід на адресу 063 (до виконання команди “ВОЗВРАТ”)
062	09	60	Безумовний перехід на адресу 060.
063	11	00	Повернення в підпрограму першого рівня на адресу 053.

Величиною “N0” в полі операнду цих команд задається номер лічильника від 0 до F. Наприклад, команда з кодом 0C0A здійснює інкремент лічильника A, а команда з кодом 0D02 здійснює обнулення лічильника 2.

Величиною “1” в полі операнду команди порівняння лічильника задається величина від 0 до F, з якою зрівнюється вміст лічильника з номером, заданим величиною “N0”.

У випадку співпадання “БУ” зберігає попереднє значення, в протилежному випадку – обнуляється. Наприклад, командою з кодом 0E3F здійснюється порівняння вмісту лічильника F з трійкою.

Здопомогою нескладної програми можна організувати лічильник ємністю більше 15. Наприклад, послідовність команд, наведена в таблиці 11 забезпечує рахунок до 48 (30 в шістнадцятковій системі) використовуючи послідовне викання двох лічильників з номером 0 і 1.

Лічильники можуть використовуватись не тільки як накопичувачі, але і служити регістровою пам'яттю обсягом в 16 біт з послідовним занесенням інформації.

В прикладі, наведеному в табл. 12 лічильник 0 служить для запам'ятовування стану входу 00, який використовується в команді за адресою 0A0.

Редакування програми.

Необхідність в редагуванні керуючої програми може виникнути при виправленні помилок, допущених при вводі керуючої програми, а також знайдених в результаті її відладки.

Найбільш часто зустрічаються при редагуванні програм операції пов'язані із вставкою і виключенням з програми однієї або декількох команд. Для того, щоб вставити команду в керуючу програму, використовується команда "РЕД", в полі операнду якої задається адреса, по якій необхідно розмістити команду, що вводиться. Виконання команди "РЕД" здійснюється в режимі "Ручний". Результатом дії цієї команди є зміщення частини керуючої програми, яка починається з адреси, що коректується і закінчується командою, що передує коду "НОП", на один крок в бік збільшення "СК". На задану в команді "РЕД" адресу автоматично записується команда "НОП". Ця ж команда, що обмежує зверху зону частини керуючої програми яка зсувається, виключається. Її пошук в процесі виконання команди "РЕД" проходить в обсязі всіх адрес ЕНЗП.

Таблиця 11.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	код операції	операнд	
000	0	01	Обнулення лічильників за номерами 1 і 0
001	0	00	
002	00	00	Значення лічильника з номером 0 збільшується на 1
003	0E	00	Вміст лічильника з номером 0 збільшується на 1
004	0B	02	Якщо лічильник не заповнився, перехід на адресу 002
005	0C	01	Значення лічильника з номером 1 збільшується на 1
006	0E	31	Вміст лічильника з номером 1 порівнюється з трійкою
007	0B	01	Якщо вміст лічильника 1 не рівний 3, здійснюється перехід на адресу 001
008	08	00	
			Зупинка

Якщо необхідно вставити декілька команд, то команда "РЕД" повторюється відповідну кількість разів.

Для запису на вказаному кроці потрібного коду команди переведіть мікроконтролер в режим "Ввід програми" і введіть код команди, що вставляється.

Якщо необхідно відредагувати частину програми, яка знаходиться в іншій зоні ЕНЗП, виконайте перед редагуванням команду "БАП", задавши в ній потрібний номер зони. Наприклад, щоб вставити в керуючу програму команду 051F на адресу 05A і команду 0800 на адресу 105, необхідно виконати наступні операції:

- 1) натисніть кнопку “СБР” (мікроконтролер знаходиться в режимі “Ручний”, “СК” і “БА” рівні нулю);
- 2) виконайте команду “РЕД” з кодом 145A;
- 3) включіть режим “Введення програми” (на дисплеї в полі адреса відобразиться код 05A).
- 4) введіть код 051F;
- 5) включіть режим “Ручний”;

Таблиця 12.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	код операції	операнд	
000	04	00	Перевірка входу 00 на наявність сигналу
001	0	00	Обнулення лічильника 0
002	0A	04	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 004
003	09	05	Безумовний перехід на адресу 005
004	0C	00	Вміст лічильника збільшується на 1
...
0A0	0E	10	Порівняння вмісту лічильника 03 з “1”
0A1	0A	A3	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 0A3
0A2	08	00	Зупинка
0A3.	06.	01.	Виключити вихід 1 модуля виводу 0...

- 6) виконайте команду “БАП” з кодом 0F01;
- 7) виконайте команду “РЕД” з кодом 1405;
- 8) включіть режим “Введення програми” (на дисплеї з’явиться в полі адреса код 105);
- 9) введіть код 0800;
- 10) включіть режим “Перегляд програми”, перевірте правильність внесених змін.

Якщо з програми, яка редагується необхідно виключити команду, запишіть замість неї команду “НОП”. Для цього в режимі “Ручний” виконайте команду “БУП” на адрес, який коректується, змінивши при необхідності перед цим значення “БА”. Включіть режим “Ввід програми” і введіть код 0000.

Щоб, наприклад, виключити команди з адрес 0F1 і 2A5 виконайте наступні операції:

- 1) натисніть кнопку “СБР” (мікроконтролер знаходиться в режимі “Ручний”);
- 2) виконайте команду “БУП” з кодом 09F1;
- 3) включіть режим “Введення програми”;
- 4) введіть код 0000
- 5) включіть режим “Ручний”;
- 6) виконайте команду “БАП” з кодом 0F02;
- 7) виконайте команду “БУП” з кодом 09A5;
- 8) включіть режим “Введення програми”;
- 9) введіть код 000;

10) в режимі “Перегляд програми” перевірити правильність внесення змін.

Контроль програми.

Контроль програми здійснюється для її ідентифікації і часткової перевірки правильності набору і збереження виконавчої програми в ППЗП і керуючої програми в ЕНЗП.

По команді “КСП” в режимі “Ручний” утворюється двійкова сума частин “N3”, “N2”, “N1”, “N0” кодів команд програми, записаних в сторінці пам’яті з вказаним номером.

Пам’ять мікроконтролера з нульової адреси по 2047 містить виконавчу програму і розбита на 8 сторінок з номерами 0...7.

В полі операнда команди “КСП” задається номер сторінки, контрольну суму якої необхідно визначити.

Для визначення контрольної суми кодів програми, записаної на сторінці з номером М (де М приймає значення від 00 до 0F) пам’яті мікроконтролера, включіть режим “Ручний” і введіть код команди “КСП” 15М.

На дисплеї в полі адреси відобразиться номер сторінки, а в полі коду операції і операнда – контрольна сума.

Натисніть будь-яку інформаційну клавішу, дисплей погасне, мікроконтролер готовий до виконання нової команди.

Наприклад, для визначення контрольної суми нульової сторінки пам’яті виконайте наступні операції:

- 1) включіть режим роботи “Ручний”;
- 2) наберіть код 1500 (підрасхована контрольна сума відобразиться на дисплеї);
- 3) натисніть будь-яку інформаційну клавішу (дисплей гасне, виконання команди закінчено).

Треба мати на увазі, що цей вид контролю повної впевненості в правильності програми не дає. Для точності необхідно в режимі “Перегляд програми” звірити коди команд, записані в ЕНЗП, з текстом керуючої програми.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити принцип дії і конструктивні особливості системи циклового програмного керування МКП-1.

2. Візуально освоїти систему керування МКП-1. Оглянути пульт керування. Точно знати функціональне призначення кожної клавіші, покази табло пульта управління та світлодіодів.

Відзвітуватися перед викладачем в знаннях функціонального призначення керуючих органів пульта керування системи МКП-1.

3. Практично вивчити всі режими роботи системи керування, освоїти методику програмування, контролю та редагування керуючої програми.

4. Для структурно-компонувальної схеми ГАД, розробленої в лабораторній роботі № 1, спроектувати структурну схему системи керування на базі програмованих мікроконтролерів МКП-1, підбираючи з табл. 6.1 необхідні

типи центрального мікроконтролера та мікроконтролерів для керування окремими одиницями (комплексами) технологічного обладнання.

5. Використовуючи алгоритм та циклограму функціонування ГАД з лабораторної роботи № 2, скласти текст керуючої програми для центрального мікроконтролера. Програма повинна бути оформлена у вигляді таблиці.

6. Розробити алгоритм і циклограму роботи окремої одиниці (комплексу) технологічного обладнання ГАД. Скласти текст керуючої програми для мікроконтролера, що керуватиме цією одиницею (комплексом) технологічного обладнання.

7. Оформити звіт по роботі.

Структура звіту по лабораторній роботі

1. Назва і мета роботи.
2. Компонувальна схема ГАД.
3. Алгоритм і циклограма роботи ГАД.
4. Структурна схема системи керування ГАД на базі програмованих мікроконтролерів МКП-1.
5. Текст керуючої програми для центрального мікроконтролера складений відповідно до алгоритму і циклограми роботи ГАД.
6. Алгоритм і циклограма роботи окремої одиниці (комплексу) технологічного обладнання ГАД та текст керуючої програми для мікроконтролера, що керуватиме цією одиницею (комплексом) обладнання.
7. Аналіз результатів роботи і висновки.

Контрольні запитання

1. Яке призначення програмованого мікроконтролера МКП-1?
2. Які основні режими роботи мікроконтролера МКП-1?
3. Призначення команд вводу-виводу та їх характеристика.
4. Призначення команд керування програмою та їх характеристика.
5. Призначення команд керування лічильниками та їх характеристика.
6. Призначення команд контролю і редагування програм.
7. Призначення команд тестового контролю функційних блоків.
8. Привести фрагмент керуючої програми який реалізує виконання логічних операцій.
9. Як кодуються витримки часу при складанні керуючої програми?
10. Приклади організації умовних і безумовних переходів та підпрограм.
11. Як виконується редагування і контроль тексту керуючої програми?
12. Яке призначення знакомісць однорядкового дисплея та клавіш пульта керування?
13. Який порядок складання керуючої програми?
14. Зобразити графічно укрупнену схему циклових систем керування і зазначити функціональне призначення блоків.
15. Назвати види програмоносіїв і методи запису програм у циклових системах керування.

16. Пояснити функціональне призначення зворотних зв'язків у циклових системах керування.
17. Пояснити призначення роз'ємів, розташованих на задній стінці МКП-1.

Лабораторна робота № 8. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА «ЦИКЛОН-5» І ПРОЕКТУВАННЯ ЙОГО НАЛАДОК ДЛЯ РОБОТИ В РОБОТОТЕХНІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ

Мета роботи: вивчити конструктивну будову основних механізмів, приводів, демпферів та давачів промислового робота «Циклон-5»; зобразити компоновальну та кінематичну схеми промислового робота; розробити алгоритм та циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5».

1. Призначення промислового робота «Циклон-5»

Промисловий робот «Циклон-5» призначений для автоматизації процесів холодного штампування в умовах серійного і дрібносерійного виробництва, а також для механізації й автоматизації технологічних позицій із метою їхнього завантаження і розвантаження, міжверстатного транспортування і міжопераційного складування в механічних, заготівельних і інших цехах. Робот замінює основних робітників на циклічно повторюваних, небезпечних роботах по завантаженню-розвантаженню основного, а також допоміжного технологічного обладнання, включаючи міжверстатне обладнання.

Промисловий робот «Циклон-5» випускається у двох модифікаціях:
модифікація 01 – робот без модуля зсуву («Циклон-5-01»);
модифікація 02 – робот із модулем зсуву («Циклон-5-02»).

2. Основні технічні дані і характеристики промислового робота «Циклон-5»

2.1. Номінальна вантажопідіймальність однієї руки (при масі захоплювача, не більше 1 кг), кг

5

Примітка: Вантажопідіймальність відповідає значенню, приведеному вище, при умові, що маса захоплювача з губками не перевищує 1 кг. При установці спеціального захоплювача, із збільшеною масою, маса транспортованого вантажу відповідно повинна бути зменшена.

2.2. Тип системи програмного керування.....циклова

2.3. Спосіб задання координат по упорах

2.4. Програмоносій блок пам'яті

2.5. Кількість програмованих координат,

загальна 6 (7) із них:

транспортних: поворот і підйом рук, висування

кожної руки, (зсув) 4 (5)

орієнтуючих: поворот кожного захоплювача 2

2.6. Кількість опорних точок по координатах:

поворот рук	4 шт.
всі інші	по 2
2.7 Максимальне число переходів у циклі, шт,	100
2.8. Кількість команд:	
на маніпулятор	22
на обслуговуване обладнання	7
2.9. Робоча напруга	змінна трьохфазна, 50 Гц, 220/380В
2.10. Споживаюча потужність, Вт, не більше	700
2.11. Тиск повітря в мережі, кгс/см ²	4,5-10
Тиск повітря в системі маніпулятора, кгс/см ² , не менше	4,5
Клас забруднення повітря, не нижче	10
2.12. Максимальна витрата повітря, м ³ /хв	2,2
2.13. Відстань від осі кожної руки до вертикальної осі повороту рук, мм	250
2.14. Найбільший регульований кут повороту рук у горизонтальній площині, град, не менше	180
2.15. Межі регулювання кутового розташування кожної руки відносно поздовжньої осі маніпулятора (при знятих внутрішніх циліндрах повороту захоплювача), град.	+30, –15
2.16. Найменша висота осі руки від рівня підлоги, мм, не більше	860 (1060)
2.17. Найбільший регульований вертикальний хід руки, мм, не менше	100
2.18. Найбільша висота осі руки від рівня підлоги, мм	1100 (1300)
2.19. Розміри робочої зони робота подані на рис. 2	
2.20. Найбільший регульований хід висування руки, мм, не менше	600
2.21. Найбільший кут повороту захоплювача навколо поздовжньої осі руки, град, не менше	180
2.22. Найбільший регульований хід по зсуву, мм	400
2.23. Час виконання одного робочого руху на контрольних відрізках шляху або кутах повороту при вантажах масою 5 кг у захоплювачі кожної руки робота зазначено в табл. 1.	

Таблиця 1

Назва руху	Величина контрольних відрізків шляху, мм, або кутів, град.	Час виконання руху, с.
Поворот рук	180°	2,2
Підйом (опускання) рук	100 мм	0,8
Висування (втягування) руки	600 мм	1,0
Поворот захоплювача	180°	1,0
(Зсув)	(400) мм	(1,8)

Примітка: 1. Час виконання рухів приведений для маніпулятора із двома руками з

урахуванням часу гальмування. Циліндри висування рук зміщені в крайнє переднє положення і штоки рук втягнені;

2. Час виконання одного робочого руху – це час від моменту подачі команди на виконання даного робочого руху до моменту подачі команди на виконання наступного аналогічного руху;

3. Поворот рук здійснюється без підштовхування упорами.

2.24. Точність позиціювання переносимих об'єктів, мм:

при повороті рук на радіусі 1385 мм. +/- 0,25
по решта координатах +/- 0,1

2.25. Габаритні розміри подані на рис. 2

2.26. Маса робота (робот із двома руками), кг,

не більше 560 (880)

у тому числі:

маса маніпулятора 660

(маса модуля зсуву) (320)

3. Технічний опис промислового робота «Циклон-5»

3.1. Будова і принцип роботи промислового робота «Циклон-5»

3.1.1 Промисловий робот «Циклон-5-01» являє собою комплекс (рис. 1), що складається з маніпулятора «Циклон-5» (поз. 1) і пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 (поз. 2).

3.1.2. Маніпулятор – виконавча складова частина робота – містить у собі робочий орган (дві руки), механізми приводів, що забезпечують переміщення робочого органу і пневмосистему, що забезпечує підготування і розподіл повітря до пневматичних циліндрів механізмів приводів.

3.1.3. Пристрій циклового програмного керування містить у собі обладнання і прилади, системи програмного керування і електрообладнання, що забезпечують роботу виконавчих механізмів маніпулятора.

3.1.4. Функціональна схема роботи промислового робота «Циклон-5» така;

– при надходженні команди з УЦМ-30 комутуються електромагніти відповідних пневморозподільників. Пневморозподільники відкривають подачу повітря в пневмоциліндри відповідних механізмів приводів і рука здійснює заданий рух. При підході руки до заданого положення спрацьовують кінцеві вимикачі, які контролюють виконання відповідного руху і дають підтвердження на початок виконання наступного руху;

– поворот захоплювача, затиск-розтиск захоплювача, а також встановлення упорів повороту в необхідні точки, кінцевими вимикачами не контролюються. На виконання цих рухів відводиться визначений інтервал часу (дискретність 0,2 с).

3.2. Будова і принцип роботи маніпулятора «Циклон-5».

3.2.1. Маніпулятор є виконавчим механізмом ПР. Основними складовими одиницями маніпулятора є:

- дві руки;
- механізм підйому і повороту рук;
- пневмосистема.

3.2.2. Рука – збірна конструкція призначена для захоплення, утримання та орієнтації в просторі заготовок, деталей та інших предметів масою до 5 кг (рис. 6).

Для здійснення зазначених вище операцій рука оснащена спеціальним захоплювачем для утримування об'єктів і містить у собі привід затиску захоплювача, привід повороту захоплювача і привід висування руки:

- захоплення й утримання предмета здійснюється губками, встановленими на захоплювачі, який своїм фланцем кріпиться до фланця 6 розміщеного на шліцевому хвостовику вала 14.

Розміри і конфігурації губок можуть бути різноманітними в залежності від форми і маси деталі; у разі потреби допускається заміна захоплювача.

Затиск і розтиск захоплювача здійснюється таким чином:

- до штуцера 42 підводиться стиснуте повітря, яке через отвір у втулці 19 і внутрішні порожнини валів 22, 14 надходить у робочу порожнину пневмоциліндра 3. Під тиском повітря шток-поршень 5 і закріплене на ньому водило 2 переміщуються вліво. Водило зв'язано з важелями 1 і осями 32, які переміщуючись у пазах важелів, повертають їх навколо осі 31. При цьому губки, закріплені на важелях, затискають деталь. Розтиск захоплювача відбувається під дією пружини 4 після зняття тиску повітря в робочій порожнині циліндра;

- максимальний кут повороту захоплювача – 180° .

Привід повороту захоплювача складається з двох пневмоциліндрів 36, 40, розташованих на корпусі 20, двох поршнів 37, 39, гвинтів обмежувачів 35, 41, зубчатої рейки 38 і шестерні 21, що знаходиться з нею у зачепленні і сидить на валі 22, який через шліцеву втулку 25 зв'язаний з валом 14.

При подачі стиснутого повітря в робочу порожнину одного з циліндрів, наприклад, лівого, поршень 37 разом із рейкою 38 рухається вправо, приводячи в обертання шестерню 21, вал 22, вал 14 і захоплювач. Порожнина правого циліндра при цьому з'єднується з атмосферою

Для повороту захоплювача в протилежну сторону стиснуте повітря подається в перший циліндр. Кут повороту захоплювача регулюється гвинтами обмежувачами 35, 41, які обмежують рух поршнів 37, 39.

У тому випадку, коли в повороті захоплювача немає необхідності, механізм повороту захоплювача знімається з корпусу 20, а отвори закриваються кришками 46. Рейка для усунення люфту між шестернею 21 і рейкою 38 підтискується гвинтами 53.

Для забезпечення рівномірної швидкості повороту захоплювача використовується гідродемпфер, який являє собою гідроквадрант, корпус якого

23 кріпиться до корпусу 20. Лопасть 43 встановлена на валі, який знаходиться в зачепленні з валом 22. При повороті захоплювача лопасть, повертаючись, переганяє масло з порожнини А в порожнину Б через дросель 44, за допомогою якого регулюється швидкість повороту захоплювача;

– максимальний хід висування руки – 600 мм.

Привід висування руки являє собою пневмоциліндр, що складається з труби 16 з привареними на кінцях фланцями 24 і 18. Всередині труби розміщений порожнинний шток-поршень 17, на передньому кінці якого закріплений захоплювач. До фланців кріпляться корпуси 13, 20.

У корпусі 13 запресована бронзова втулка 26, що являється направляючою штока 17.

На штоку жорстко закріплений хомут 7, до якого кріпиться штанга 8 з двома упорами 9 і 15, які призначені для обмеження ходу штока. Пересуваючи упори по штанзі можна регулювати хід руки. Положення упорів фіксується гвинтами 10. Штанга 8 одночасно служить для уникнення провороту штока-поршня 17 відносно поздовжньої осі руки.

Пневмоциліндр включений у пневмосистему таким чином, що його штокова порожнина постійно знаходиться під тиском. Для висування руки стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і, шток-поршень внаслідок різниці ефективних площ поршня починає переміщатися вліво разом із штангою 8 і упорами 9, 15; відбувається висування руки. Висування руки продовжується до моменту зіткнення упора 15 із корпусом 13. У цей момент упор 15 натискає на підпружинений палець 11 датчика положення 12. Датчик видає сигнал у систему керування про спрацьовування механізму висування. Для втягування руки тиск у безштоковій порожнині знімається і шток-поршень під дією тиску повітря в штоковій порожнині починає рухатися назад.

Для збільшення швидкості втягування руки, в магістралі підводу повітря з мережі встановлюється клапан швидкого скидання.

У корпусі 13 (рис. 6) розташований здвоєний гідродемпфер, що забезпечує гальмування руки при її висуванні і втягуванні при підході до точки позиціонування.

На рис. 6 приведена схема гідродемпфера. Принцип його роботи полягає в наступному:

Рухомі разом із штоком руки (жорстко з ним зв'язані), упор 15 (при висуванні руки), або упор 9 (при зворотному ході) натискають на виступаючі кінці золотників 51 або 54, втоплюючи їх у корпус. Масло при русі золотника 51 (54) витісняється з порожнин В (Г) через кільцевий отвір, утворений внутрішнім кінцем золотника і просвердленим у корпусі отвором. При переміщенні золотника збільшується довжина кільцевого отвору, плавно збільшуючи опір рухові руки. Відбувається гальмування руки. Швидкість гальмування можна регулювати дроселем 34. Відкриваючи дросель, збільшуємо додатковий вихід масла з порожнин В (Г), збільшуючи цим швидкість гальмування руки. Масло, витиснуте при русі золотника 51 (54) частково перетікає в порожнину А і переміщає поршень 50 у праву сторону, долаючи

тиск постійно подаваного через штуцер повітря.

При зворотному русі руки упор 15 (9) відходить від хвостовика золотника і масло з порожнини А під дією тиску повітря в порожнині Б, відкриваючи зворотні клапани 55 і 56, перетікає в порожнину В (Г) і повертає золотник у вихідне положення.

3.2.3. Механізм підйому і повороту рук призначений для здійснення переміщення рук уздовж вертикальної осі маніпулятора і повороту рук навколо неї (рис. 7, 8).

Руки (рука) кріпиться на торці рухомого циліндра 9, що є пневмоциліндром механізму підйому. У пристрій підйому рук входить також шток 11 із поршнем 10, установлений на підшипниках 16 і 18 у корпусі 19, тормозний клапан 8 і вмонтований тормозний пристрій – дросель 21.

Для підйому руки стиснуте повітря через отвори в кришці 17 і в штоку 11 подається в безштокову порожнину циліндра 9. Верхнє положення циліндра з закріпленими на ньому руками визначається гвинтом 5, який, впираючись у корпус тормозного клапана 8, перешкоджає дальшому переміщенню циліндра 9.

При підході циліндра до упора натискується кнопка тормозного клапана і зупинка відбувається без ударів.

Тормозний клапан 8 працює наступним чином: (рис. 7)

При підйомі рук, упор 5 циліндра підйому натискає на шток золотника 35, який піднімаючись, витискує масло з порожнини А в порожнину Б через дросель 36 і кільцевий отвір «а» змінного перерізу.

Час (швидкість) гальмування визначається часом перетікання масла і регулюється за допомогою дроселя 36. При цьому дросель настроюють так, щоб кінцева швидкість забезпечувала безударну зупинку рухомого циліндра з гвинтом 5 у верхньому положенні.

При опусканні рук (при відході гвинта 5) повернення штока-золотника 35 у вихідне положення здійснюється стиснутим повітрям, яке постійно подається від мережі в порожнину В.

Для прискореного повернення золотника, масло в порожнину А перетікає через зворотній клапан 33.

Інтенсивність гальмування при опусканні рук регулюється дроселем 21. Повільність ходу і регулювання швидкості підйому та опускання рук здійснюється за допомогою гідродемпферів 39, 40.

Гідродемпфер зображений на рис. 7. Корпус його кріпиться до стійки станини, а шток 41 з'єднаний з колектором 13. При підйомі і опусканні циліндра разом із штоком 41 відбувається перетікання масла з порожнини Д в порожнину Е і, навпаки, через дросель 42, за допомогою якого регулюється швидкість підйому або опускання рук.

Нижнє положення циліндра визначається поршнем 10 (рис. 8), в який впирається заглушка 6. По приході циліндра в задане положення спрацьовує давач БК-А-5-0, в паз головки якого входять прапорці, і сигналізує про виконання даного руху.

Пристрій повороту складається з двох малих пневмоциліндрів 27 і двох великих пневмоциліндрів 29. Штоки-рейки 23 поршнів 25 малих пневмоциліндрів виконані у вигляді рейок, у задніх порожнинних кінцях яких знаходяться гальмівні давачі БК-А-О (поз. 26), а передні кінці штоків служать плунжерами порожнин гідроциліндра 22 гальмування повороту рук. На штоках 28 великих пневмоциліндрів 29 закріплені планки 31, які, впираючись у регульовані гайки-упори 30, обмежують переміщення штоків 28. Штоки-рейки 23 зачеплені із шестернею 24, закріпленою на штоку 11. Передача обертового моменту зі штока на рухомий циліндр 9 здійснюється за допомогою качалки 12, що закріплена на затискачі 15 і передає рух водилу 14, яке жорстко зв'язане з рухомим циліндром 9.

Для здійснення повороту рук стиснуте повітря подається в безштокову порожнину одного з пневмоциліндрів 27, і шток-рейка, переміщуючись під тиском повітря до стику з штоком 28, приводить в обертання шестерню 24, а, отже, і зв'язаний з нею, як згадувалося вище, рухомий циліндр 9 із закріпленими на ньому руками.

Для зменшення опору при повороті стиснуте повітря в пневмоциліндри 27 подається через клапани швидкого випуску (поз. 45, рис. 7).

Фіксація будь-яких чотирьох точок у зоні обслуговування робота при повороті рук здійснюється шляхом послідовної подачі стиснутого повітря у відповідні порожнини пневмоциліндрів 27 і 29. Нижче наводиться приклад позиціювання в одній з точок при повороті рук.

При подачі стиснутого повітря в задню порожнину пневмоциліндра 29 планка 31 впирається в заздалегідь установлену при налагодженні гайку 30.

Потім стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра 27. Поршень цього пневмоциліндра починає переміщатися вперед, приводячи в обертання шестерню 24, одночасно шток-рейка 23 пневмоциліндра 27, зв'язана через шестерню з правим штоком, починає відходити назад до упора в передній кінець штока 28 пневмоциліндра 29. Так як площа поршня пневмоциліндра 29 більша площі поршня пневмоциліндра 27, поворот шестерні зупиняється.

При контакті штока-рейки 23 з упором в УЦМ-30 видається електричний сигнал від давача БК-А-5-0 повороту (поз. 34), у пази головок якого входять прапорці 20, закріплені в обоймах 4. Безударна зупинка руки при повороті досягається за допомогою гальмівного пристрою 3. Порожнини гідроциліндра 22 і корпусу 19 заповнені маслом, в яких переміщаються штоки-рейки 23. Вони з'єднуються між собою через канали *а*, *б*, *в* тормозного пристрою і розподільник золотниковий (поз. 4, рис. 9). При переміщенні рейок масло перетікає з однієї порожнини в іншу, і при крайньому лівому положенні плунжера 8 тормозного пристрою ніщо не перешкоджає перетіканню масла. Переміщуючи гвинтом 7 плунжер вправо, частково перекриваючи канал *в*, можна регулювати швидкість повороту рук.

Гальмування здійснюється таким чином:

При підході штока-рейки (поз. 23, рис. 8) до штока 28 останній натискає підпружинену кнопку гальмівного давача 26 (рис. 8), який дає команду після

тимчасової витримки заданої в програмі на переключення розподільника 4 (рис. 9). Розподільник стає в позицію гальмування, при якій масло з однієї порожнини гідроциліндра в іншу починає перетікати через дросель 3, внаслідок чого, у порожнинах створюється протитиск масла, який перешкоджає переміщенню рейок. Інтенсивність гальмування регулюється дроселем 3. Золотник напірний (поз. 5) зливає частину масла, пом'якшуючи удар.

Бачок 6 служить для наповнення системи маслом через золотник зворотного клапана 2. Кнопка 1 служить для випуску із системи повітря. Золотник зворотного клапана 2 запобігає виливанню масла з бачка в момент гальмування. Заправка масла в бачок здійснюється через наливну масельничку 9.

На рухомому циліндрі закріплені два колектори. Верхній колектор є одночасно основою кронштейна руки (або консолей рук).

Стиснуте повітря для приводу рук подається з пневморозподільників по гнучких трубах у нижній колектор 13 (рис. 8), що дає можливість тільки вертикального переміщення, і далі по каналах в рухомому циліндрі і верхньому колекторі в руку.

3.2.4. Пневмосистема призначена для підготування повітря і підводу його до пневмоциліндрів механізмів приводів.

Повітря з мережі, надходить у блок пневматичний П-БІ 16/10 (поз. 3, рис. 6).

Блок пневматичний призначений:

- для очищення стиснутого повітря від твердих часток, води і компресорного масла;
- для контролю тиску і підтримки його сталим;
- для захисту системи від перевантаження;
- для подачі електричного сигналу при досягненні мінімального тиску;
- для відключення системи від тиску.

Очищене повітря надходить через зворотній клапан 4 (рис. 5) у ресивер, розташований на основі станини 6. З ресивера повітря направляється через маслорозпилювачі 2 до пневмопанелей (лівої 1 і правої 5) і через пневморозподільники, розташовані на пневмопанелях, у циліндри відповідних пневмоприводів.

З'єднання всіх складових частин пневмосистеми здійснюється гнучкими трубопроводами у відповідності з маркуванням на панелях, колекторах, гальмівних золотниках і пневмоциліндрах (див. схему гідропневматичну рис. 3).

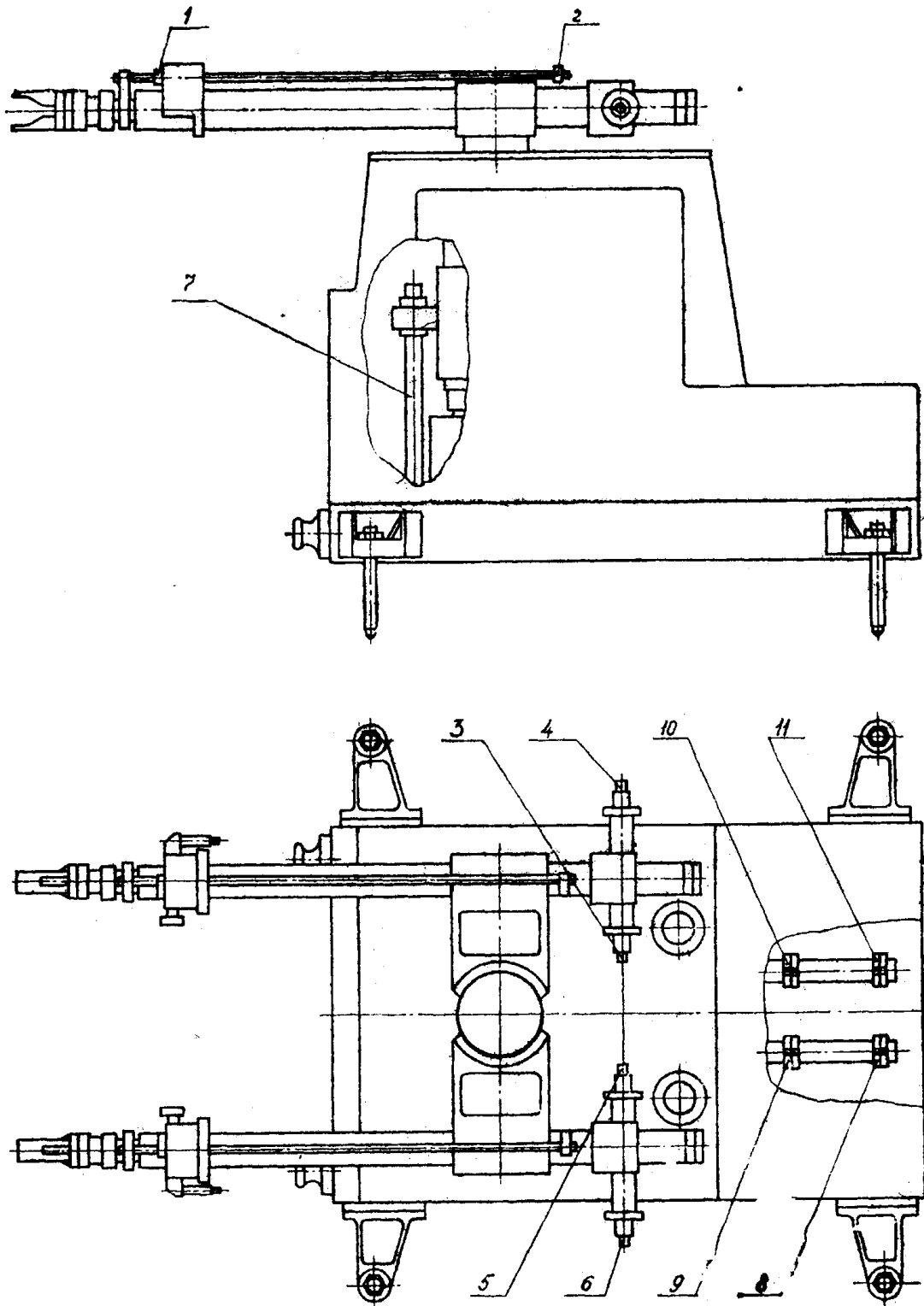


Рис. 1. Загальний вигляд промислового робота "Циклон-5".
Схема розташування упорів.

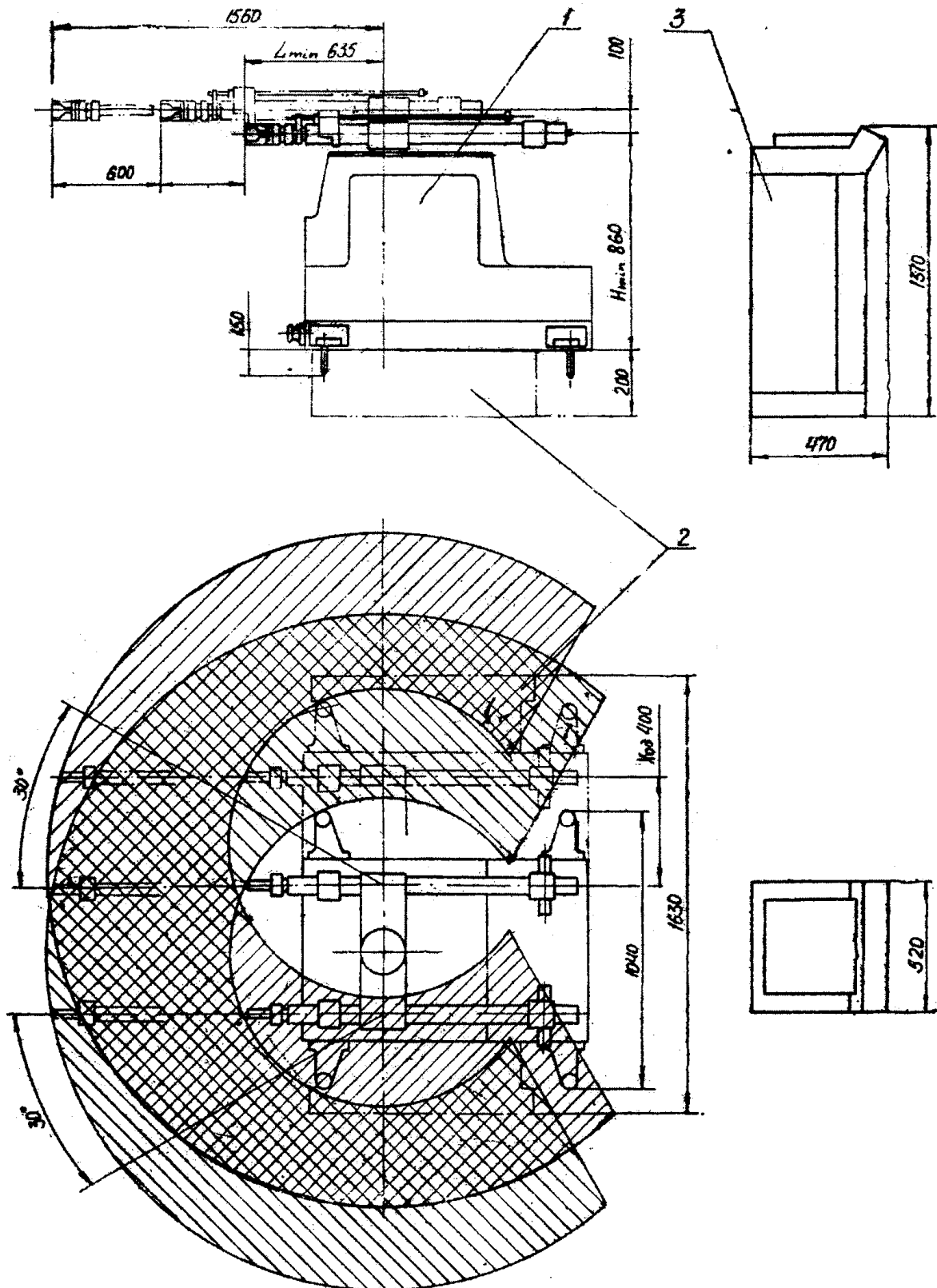


Рис. 2. Робоча зона промислового робота "Циклон-5"

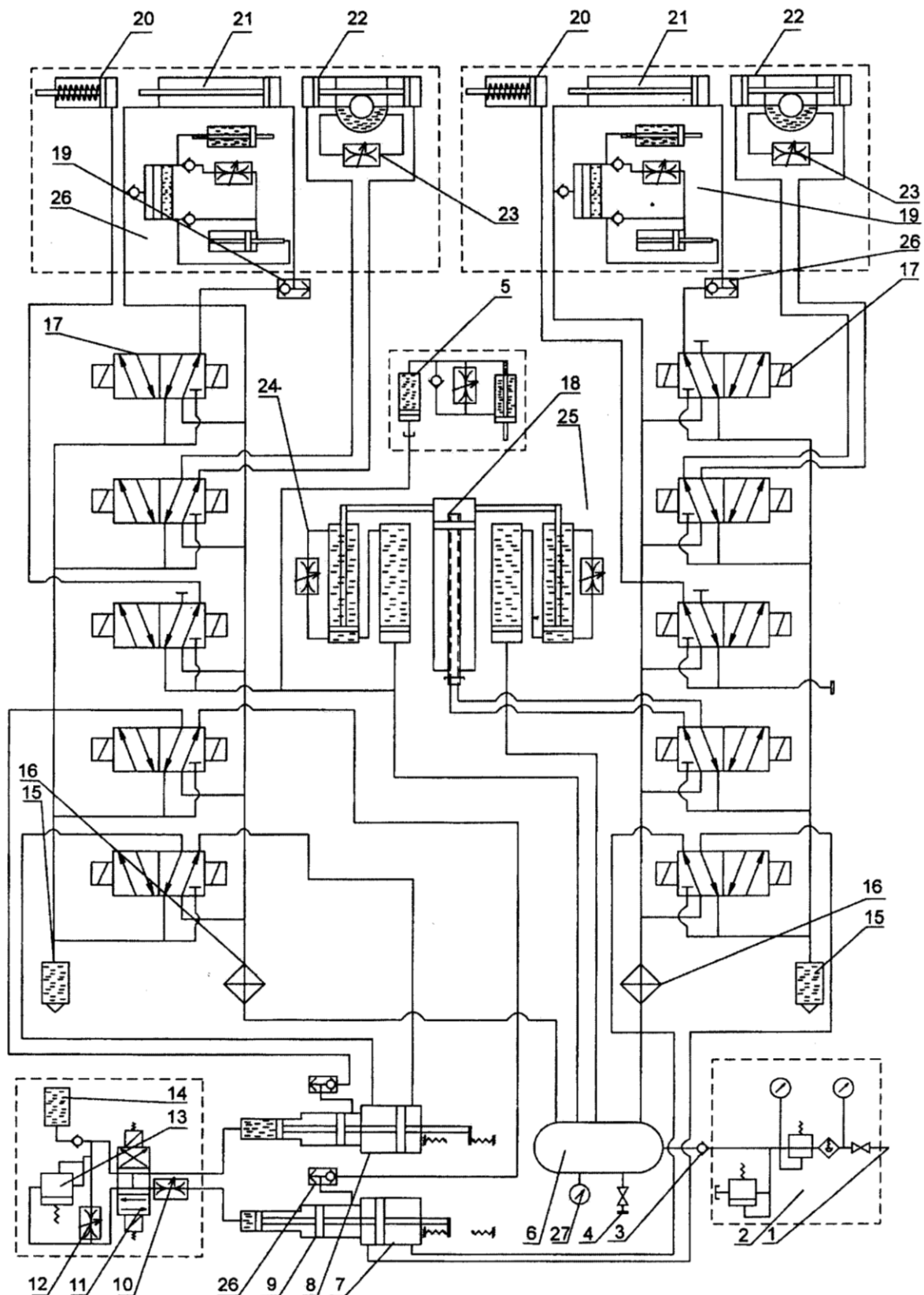


Рис. 3. Маніпулятор "Циклон-5". Схема гідропневматична

1 – трубопровід підводу стисненого повітря від магістралі; 2 – блок пневматичний ПБ1 16/10; 3 – клапан зворотній ПК 16-10; 4 – вентиль запірний муфтовий; 5 – клапан гальмівний; 6 – ресивер; 7 – пневмоциліндр упора лівого; 8 – пневмоциліндр упора правого; 9 – пневмоциліндри повороту рук; 10 – дросель; 11 – розподільник золотниковий Р102 АЛ14-110; 12 – дросель з регулятором ПГ-77-12; 13 – золотник напірний БПГ-54-22; 14 – бачок підживлення; 15 – глушник; 16 – маслорозпилювач; 17 – повітророзподільник РПЭУ-2м; 18 – пневмоциліндр підйому; 19 – блок гальмівний; 20 – пневмоциліндр захоплювача; 21 – пневмоциліндр руки; 22 – пневмоциліндр повороту захоплювача; 23 – гідродемпфер; 24 – гідродемпфер лівий; 25 – гідродемпфер правий; 26 – клапан швидкого вихлопу повітря; 27 – манометр МТП-60/4.

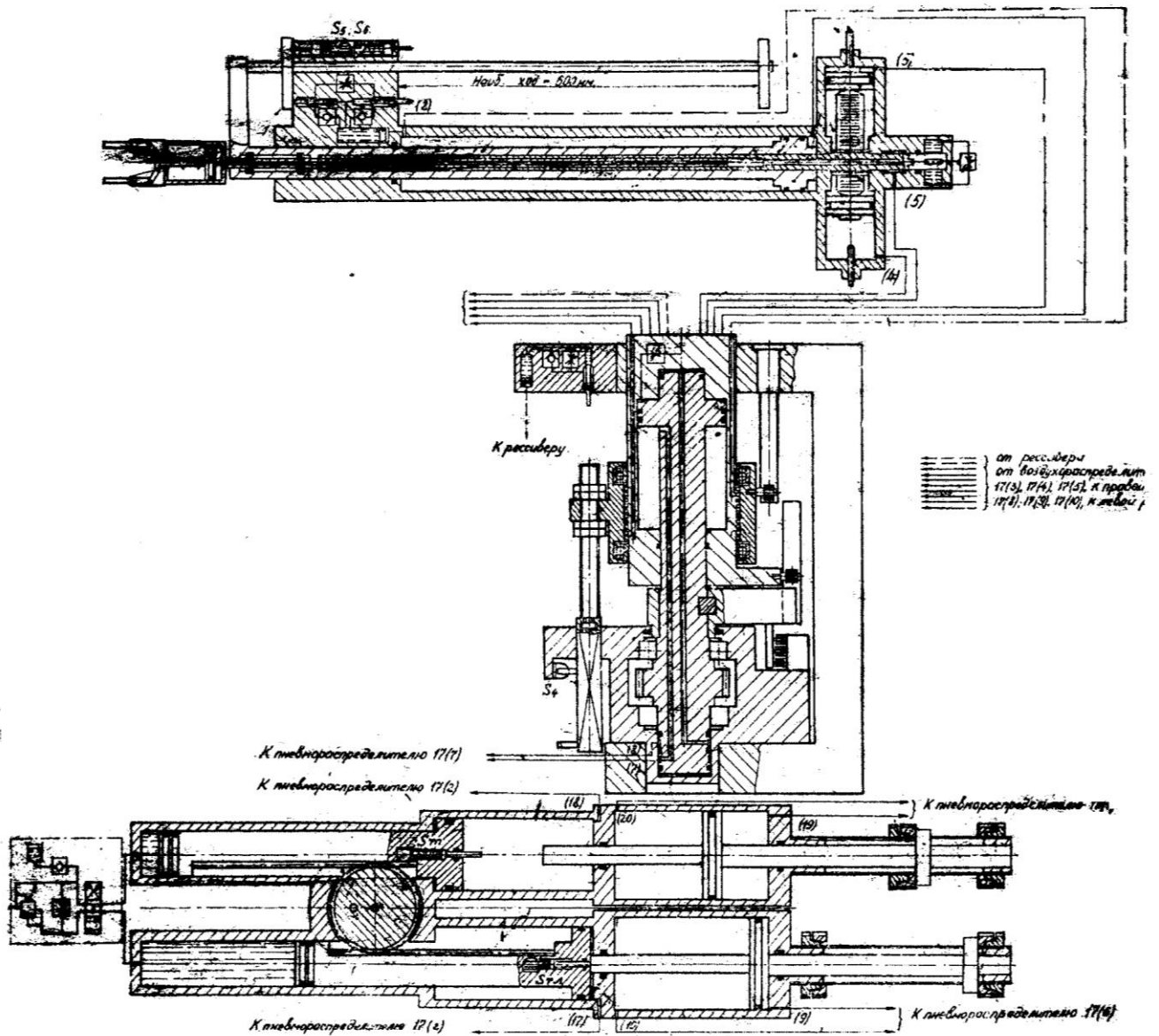


Рис. 4. Маніпулятор "Циклон-5". Схема кінематична

ВК1...ВК8 – кінцеві вимикачі. Позначення повітророзподільників 17(1) – 1(10) і маркування пневматичних магістралей відповідає позначенням на схемі гідропневматичній (рис. 3).

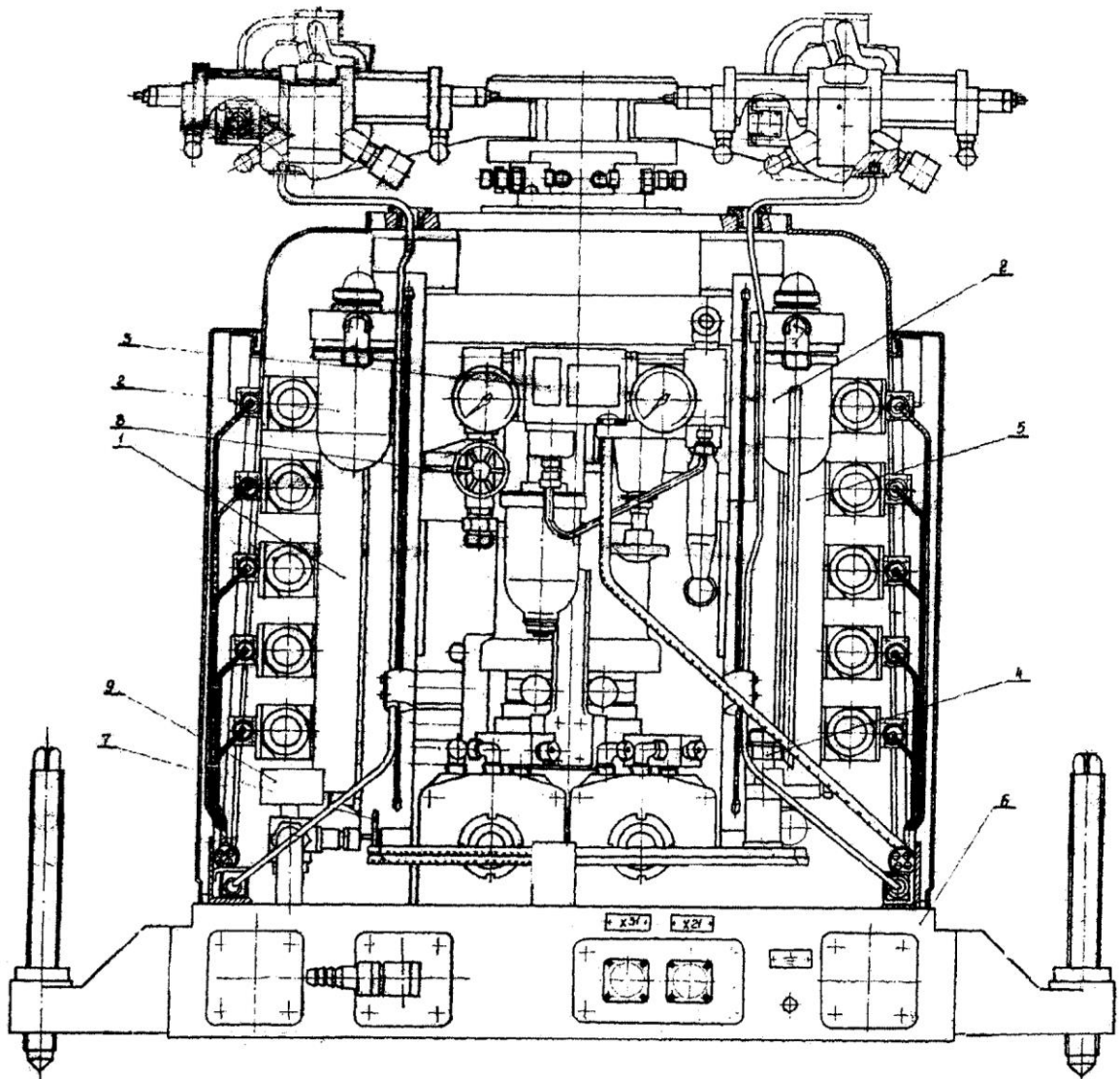


Рис. 5. Маніпулятор “Циклон-5”. Вид із знятою задньою стінкою каркаса:

1 – пневмопанель ліва; 2 – маслорозпилювач; 3 – блок пневматичний П-Б1 16/10; 4 – клапан зворотній; 5 – пневмопанель права; 6 – станина; 7 – кран випуску повітря; 8 – вентиль; 9 – манометр.

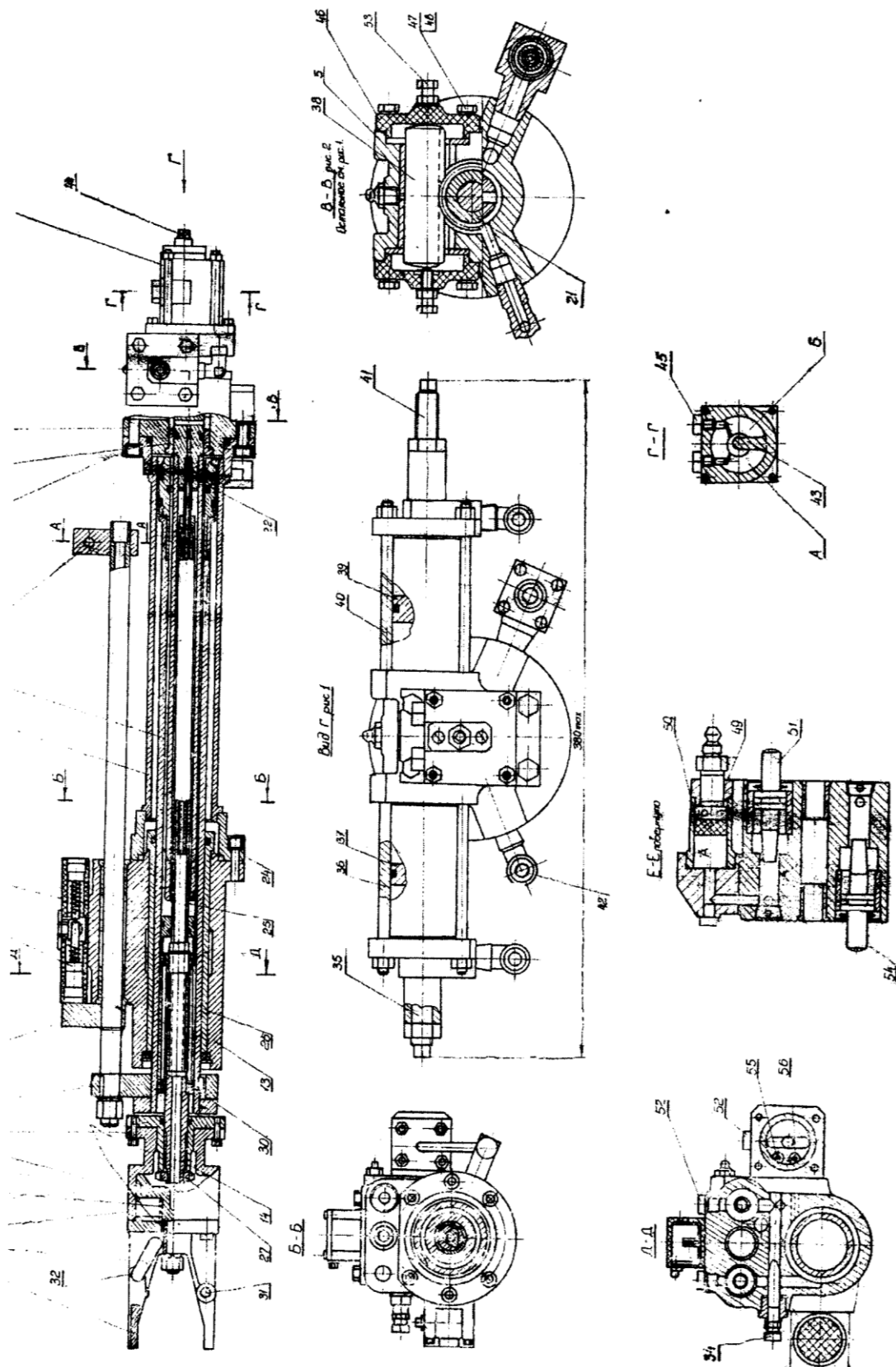


Рис. 6. Рука:

1 – важіль; 2 – водило; 3 – пневмоциліндр; 4 – пружина; 5 – шток-поршень; 6 – фланець; 7 – хомут; 8 – штанга; 9 – упор; 10 – гвинт; 11 – палець; 12 – давач положення; 13 – корпус; 14 – вал; 15 – упор; 16 – труба; 17 – шток; 18 – фланець; 19 – втулка; 20 – корпус; 21 – шестерня; 22 – вал; 23 – корпус; 24 – фланець; 25 – втулка; 26 – втулка; 27 – гайка; 30 – підшипник; 31 – вісь; 32 – вісь; 34 – дросель; 35 – гвинт-обмежувач; 36 – пневмоциліндр; 37 – поршень; 38 – рейка; 39 – поршень; 40 – пневмоциліндр; 41 – гвинт-обмежувач; 42 – штуцер; 43 – лопасть; 44 – дросель; 45 – пробка; 46 – кришка; 47 – болт; 48 – шайба; 49 – кришка; 50 – поршень; 51 – золотник; 52 – пробка; 53 – гвинт; 54 – золотник; 55 – клапан; 56 – клапан.

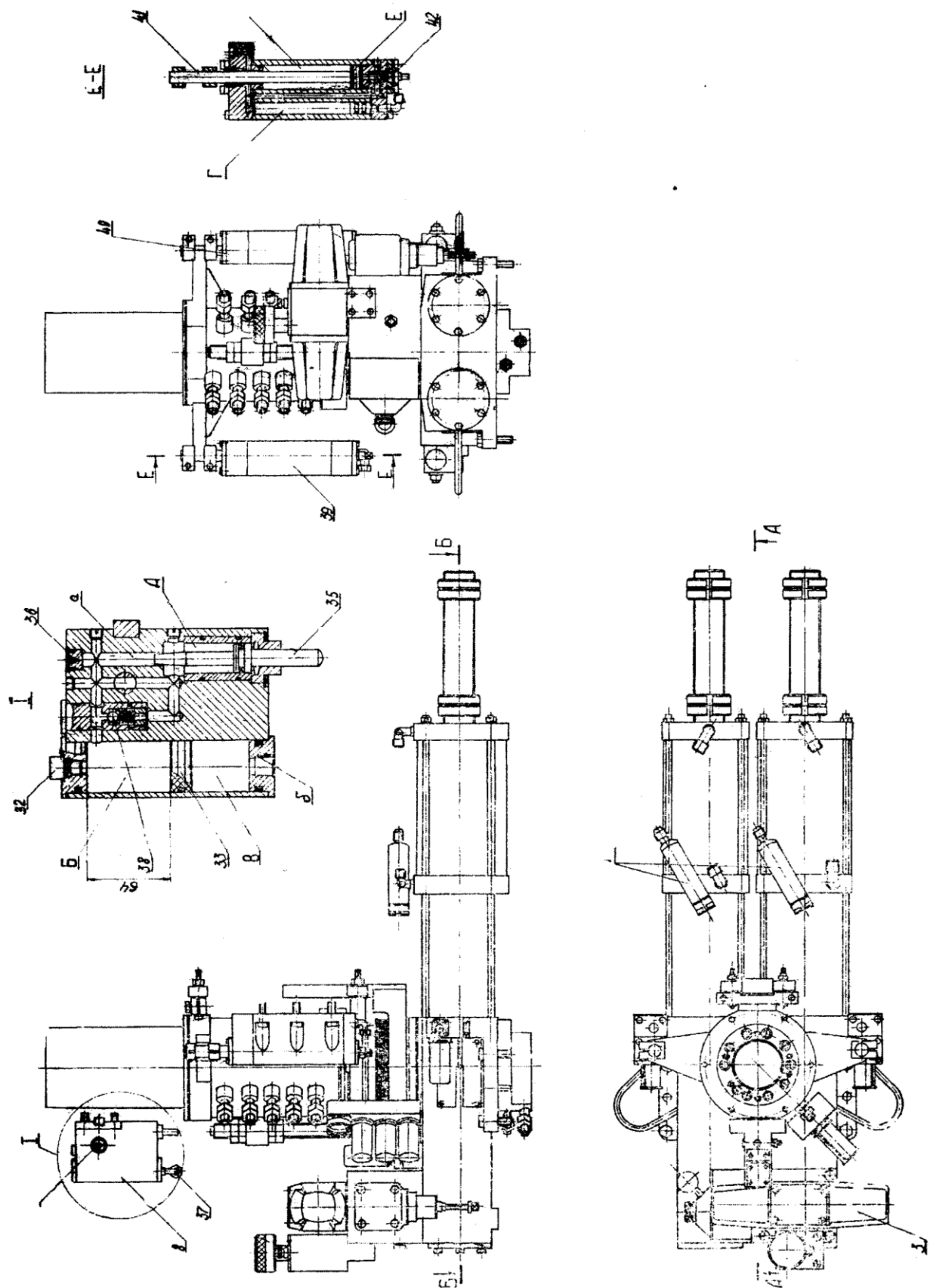


Рис. 7. Механізм підйому і повороту рук:

3 – гальмівний пристрій; 7 – дросель; 8 – клапан гальмівний; 32 – пробка; 33 – поршень; 35 – шток золотника; 36 – дросель; 37 – кутник; 38 – зворотній клапан; 39 – гідродемпфер; 40 – гідродемпфер; 41 – шток; 42 – дросель; 45 – клапан швидкого впуску.

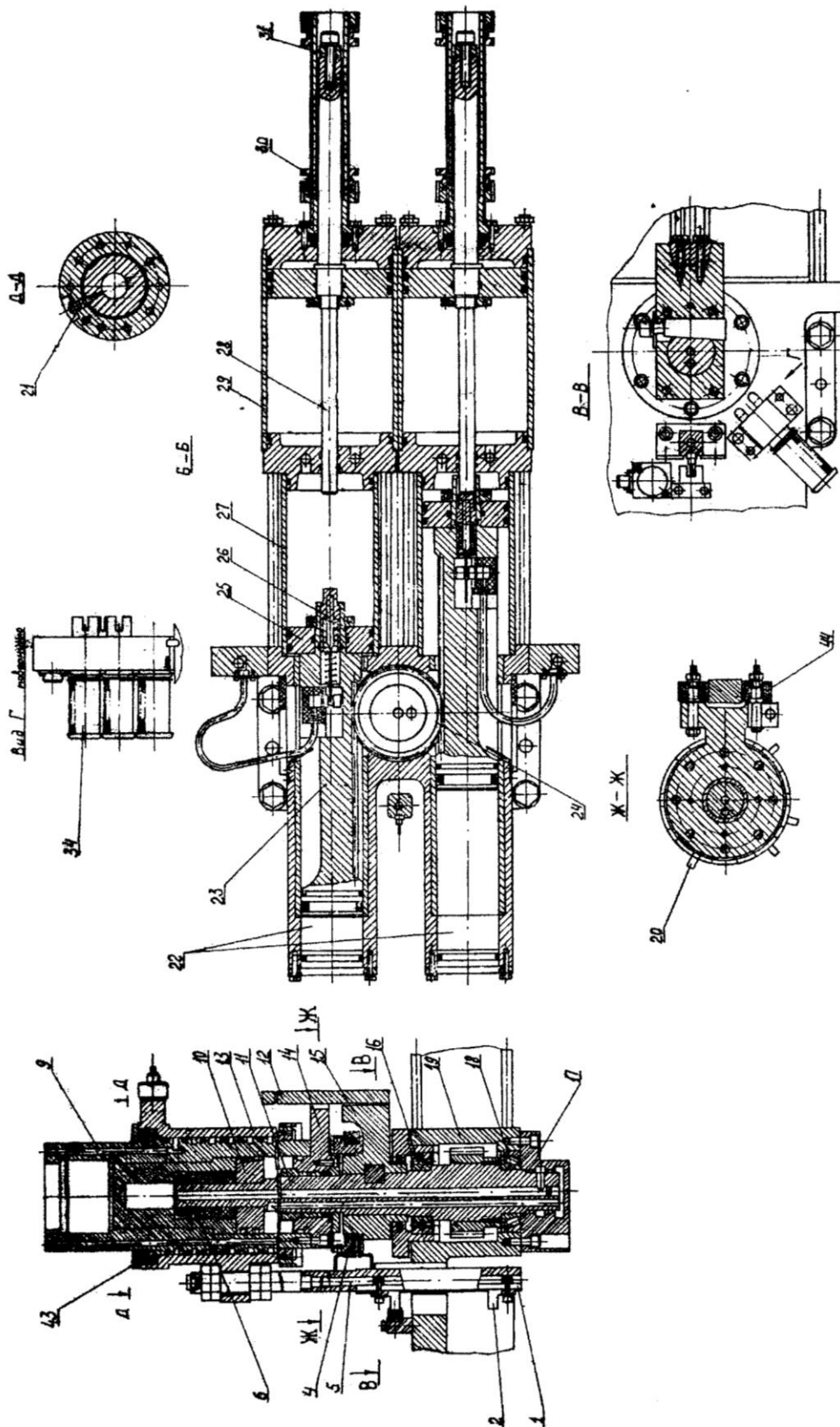


Рис. 8. Механізм підйому і повороту рук;

1 – качалка; 2 – флажок; 4 – обойма; 5 – гвинт; 6 – заглушка; 9 – циліндр; 10 – поршень; 11 – шток; 12 – качалка; 13 – колектор; 14 – водило; 15 – зажим; 16 – підшипник; 17 – кришка; 18 – підшипник; 19 – корпус; 20 – флажок; 21 – дросель; 22 – порожнини гідроциліндра; 23 – шток-рейка; 24 – шестерня; 25 – поршень; 26 – давач гальмівний; 27 – пневмоциліндр; 28 – шток; 29 – пневмоциліндр; 30 – гайка; 31 – планка; 34 – давач повороту; 43 – підшипник.

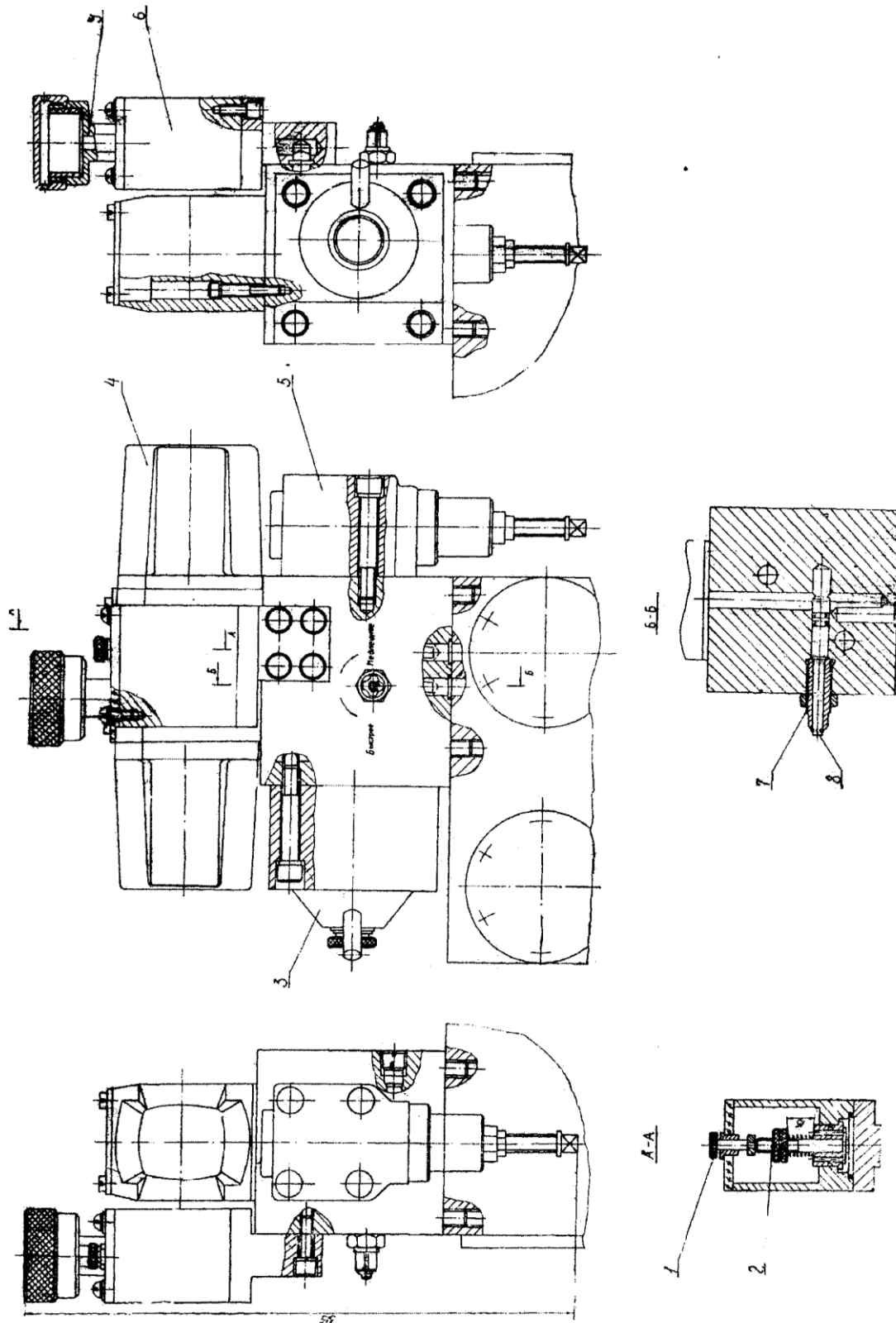


Рис. 9. Пристрій гальмівний повороту рук:

1 – кнопка; 2 – золотник зворотнього клапана; 3 – дросель ПГ77-12; 4 – розподільник золотниковий Р102-АЛ14-110; 5 – золотник напорний БПГ-54-22; 6 – бачок; 7 – гвинт; 8 – плунжер; 9 – масельника.

4. Інструкція по експлуатації ПР

4.1. Вказівки по техніці безпеки:

4.1.1. Перед вмиканням ПР необхідно прибрати з маніпулятора і його робочої зони всі сторонні предмети та інструмент.

4.1.2. Забороняється працювати з ПР особам, які не пройшли інструктаж по техніці безпеки.

4.1.3. Категорично забороняється входити в робочу зону включеного ПР.

4.1.4. При перших ознаках неполадки і некерованості ПР його варто негайно відключити (кнопка «СТОП» на УЦМ-30).

4.2. Порядок встановлення:

4.2.1. УЦМ-30 повинен бути встановлений у такому місці, щоб оператор мав можливість візуально контролювати роботу маніпулятора.

4.2.2. Закріпити на захоплювачі, відповідно до форми об'єкта маніпулювання, губки, або, при необхідності, замінити захоплювач. Вага захоплювача з вантажем не повинна перевищувати 5 кг.

4.2.3. Відповідно до висоти обслуговуваного обладнання відрегулювати висоту руки робота від рівня підлоги.

4.2.4. Відповідно до розташування обслуговуваного обладнання відрегулювати взаємне кутове розташування рук шляхом повороту консолей і забезпечити необхідний мінімальний або максимальний радіус робочої зони обслуговування переміщенням корпусу руки в консолях.

4.3. Підготовка промислового робота до роботи.

4.3.1. Підготовка промислового робота до роботи складається з таких основних етапів:

- підготовка технологічної карти переходів;
- підготовка УЦМ-30 до роботи;
- вмикання УЦМ-30;
- запис програми на платі задання програм;
- підготовка маніпулятора до роботи.

4.3.2. Підготовка технологічної карти переходів.

4.3.2.1. Весь цикл роботи робота на виробничій ділянці повинен бути розбитий на окремі технологічні переходи, які повинен виконати робот:

- а) переміщення деталі в просторі від однієї точки до іншої;
- б) затиск або розтиск захоплювача;
- в) подачу команд на обладнання і прийом відповідних команд;
- г) витримку часу для прискореного проходу точок без позиціонування.

Зазначені переходи записуються послідовно в порядку їхнього відпрацювання в циклі в технологічну карту переходів.

4.3.2.2. На основі технологічної карти переходів формується програма циклу робота. В одному кадрі програми (рядок плати задання програм) можуть бути записані відразу декілька із зазначених переходів, виконуваних послідовно.

4.3.2.3. Кадри програми переміщення рук робота в просторі, прямі команди на обладнання і отримані команди з обладнання, витримки часу для

прискореного проходу точок нумерується окремо в порядку їхнього проходження в циклі.

4.3.2.4. Число прямих і підтверджуючих команд повинно бути не більше 7, число команд на витримку часу для прискореного проходу точок – не більше 3. Число кадрів – не більше 32.

4.4. Підготовка пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 до роботи.

4.5. Підготовка маніпулятора до роботи.

Підготовка маніпулятора до роботи складається з таких етапів:

- настроювання кінцевого положення рук;
- настроювання давачів положення;
- настроювання швидкості переміщення рук;
- настроювання інтенсивності гальмування;
- перевірка перед роботою.

4.5.1. Настроювання кінцевого положення рук

У відповідності з розташуванням технологічного обладнання послідовно виставити упори, забезпечивши необхідні розміри переміщень рук по всіх координатах (рис. 1):

- упор 1 обмежує втягування руки;
- упор 2 обмежує висування руки;
- упори 3, 4, 5, 6 обмежують поворот захоплювача;
- упор 7 обмежує підйом рук;

– упори 8, 9, 10, 11 визначають відповідно точки позиціонування 1, 2, 3, 4 при повороті рук. Налагодження упорів 8, 9, 10, 11 здійснюють таким чином: за допомогою пульта ручного керування повертають руки в необхідне положення. Гайками упорів 8, 9, 10, 11 відрегульовують точне положення рук.

4.5.2. Настроювання давачів положення

Настроювання здійснюють таким чином. Виставити руки робота на упор у потрібне положення і переміщати відповідний флажок (табл. 2) за допомогою спецключа доти, поки не загориться лампочка «контроль» на УЦМ-30. Це положення прапорця зафіксувати.

Таблица 2

Назва руху	Що визначає момент вмикання давача	№ рисунка, на якому винесені зазначені позиції
Підйом і опускання рук	Положення двох прапорців поз. 2 на качалці поз. 1	
Поворот рук	Положення чотирьох прапорців позиція 20 на обіймах поз. 4. Верхній і нижній прапорці сигналізують про поворот рук у положення 2 і 3, а два середні прапорці – про поворот рук у положення 1 і 4.	Рис. 8

4.5.3. Настроювання швидкості переміщення рук

Швидкість повороту рук навколо вертикальної осі регулювати гвинтом на гальмівному золотнику (рис. 9).

Швидкість підйому рук регулюється дроселем 42 (рис. 7).

Швидкість повороту захоплювача регулюється дроселем 44 (рис. 6).

4.5.4. Настроювання інтенсивності гальмування

Здійснити регулювання інтенсивності гальмування, забезпечивши безударну зупинку робочого органа маніпулятора. У табл. 3 зазначено яким дроселем провадиться регулювання інтенсивності гальмування при переміщенні робочого органа по відповідних координатах.

Таблиця 3

Назва	Номер позиції	Номер рисунка, на якому винесені зазначені позиції
Висування і втягування руки	34	6
Підйом рук	36	7
Опускання рук	21	8
Поворот рук	3	9

4.5.5. Перевірка перед роботою:

а) зробити зовнішній огляд маніпулятора; наявність сторонніх предметів та інструменту на механізмах і в робочій зоні недопускається;

б) перевірити наявність тиску повітря в мережі, відкривши вентиль 8 (рис. 5). Тиск повітря в пневмосистемі повинен бути не менший $4,5 \text{ кгс/см}^2$ по показах манометра 9 (рис. 5);

в) перевірити настройку регулятора тиску;

г) випробувати за допомогою пульта наладки роботу маніпулятора.

4.5.6. Перед запуском усього комплексу в автоматичному режимі оглянути і випробувати в налагоджувальних режимах технологічне обладнання, яке обслуговується роботом.

5. Типова компоувальна схема РТК холодного листового штампування деталей на базі промислових роботів «Циклон-5»

Типова компоувальна схема роботизованого комплексу холодного листового штампування на базі роботів «Циклон-5» показана на рис. 10. РТК може працювати або як два незалежних роботизованих модулі, або як лінія двохопераційного штампування. При необхідності на основі цих комплексів можна створювати лінії багатоопераційного штампування.

Різноманіття форм штампованих заготовок і різноманітні властивості маніпуляторів обумовили наявність у складі РТК завантажувальних пристроїв

двох типів: магазинного і шибєрного. Магазинний пристрій 11 із верхньою видачею плоских заготовок призначений для завантаження стопи плоских заготовок у фіксованому положенні, підйому і підтримки верхнього рівня стопи заготовок у площині захоплювача 12 руки маніпулятора. Шибєрний пристрій призначений для завантаження плоских заготовок у фіксованому положенні і поштучної видачі нижньої заготовки зі стопи безпосередньо на позицію захоплення рукою маніпулятора. Він являє собою переналагоджувальний пристрій підлогового типу з індивідуальним пневмогідрравлічним приводом шибєра, керованим у налагоджувальному і автоматичних режимах від системи керування 9 комплексу. Шибєрний пристрій, що входить до складу РТК, не є універсальним. Він може застосовуватися для заготовок товщиною більше 1 мм.

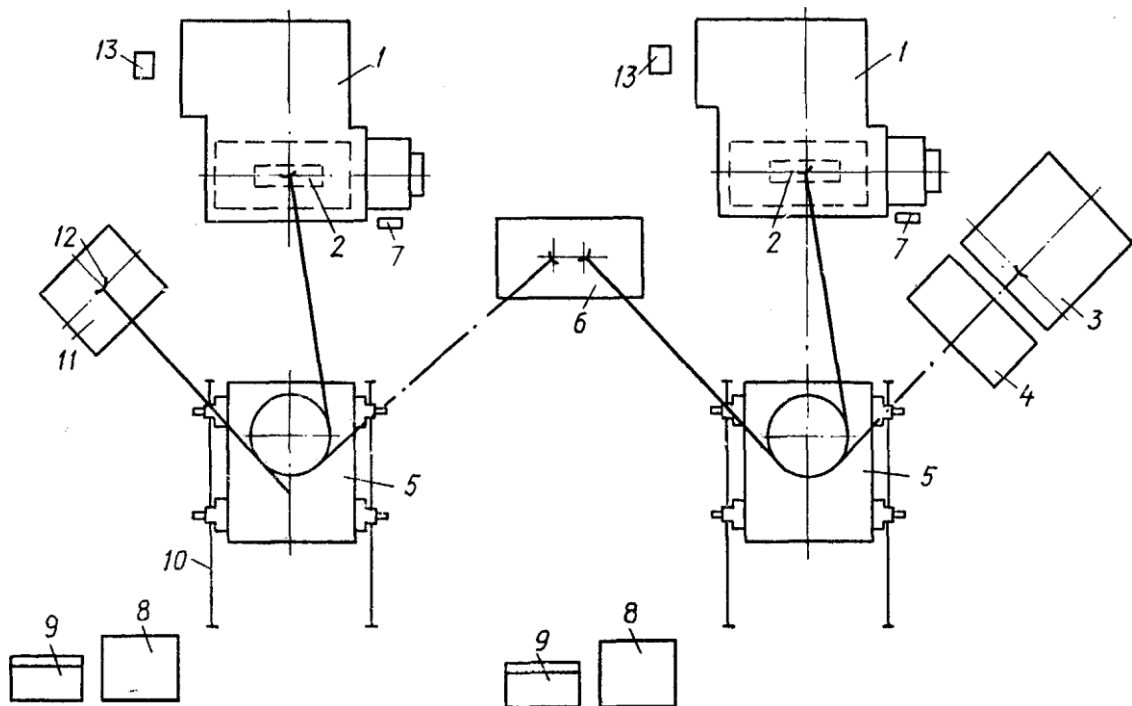


Рис. 10. РТК холодного листового штампування на базі роботів «Циклон-5»:

1 – прес; 2 – штамп; 3 – приймальна позиція 2-го робота; 4 – тара; 5 – промисловий робот «Циклон-5»; 6 – приймальна позиція 1-го робота; 7 – пристрій контролю знімання деталі зі штампа; 8 – пристрій керування роботом УЦМ-30; 9 – система керування; 10 – відкатний пристрій; 11 – магазинний пристрій; 12 – захоплюючий пристрій маніпулятора; 13 – блок керування пресом.

Транспортно-орієнтуючий пристрій 6 виконаний з трьома ступенями вільності, оскільки він призначений для зв'язку двох стоячих поруч пресів 1, розташування котрих один відносно одного в залежності від їхнього типу, зусилля і ряду інших причин визначається відповідними нормативами і може бути різноманітним. Горизонтальний хід – 300 мм, вертикальний хід – 200 мм. Можливий поворот навколо осі на 180°.

Маніпулятори 5 комплексу оснащені пневматичними й електромагнітними захоплювачами. Пневматичний захоплювач – вакуумний, ежекторного типу, має змінні гумові присоси, причому їхнє взаємне

розташування в площині захоплення може бути різноманітним. При необхідності можна використовувати механічні захоплювачі. Для нормальної роботи штампа 2 і преса 1 необхідно мати інформацію про положення заготовки в робочій зоні штампа в момент робочого ходу преса. Цю інформацію видає на систему керування РТК пристрій 7 контролю знімання деталі зі штампа. На шляху переміщення маніпулятора з захопленою заготовкою в штампі встановлений електричний безконтактний давач. Як тільки заготовка виявиться в зоні дії датчика, у ланцюг блокування надійде сигнал на продовження циклу роботи РТК і вмикання преса. Якщо в захоплювачі не виявиться деталі, то при його проході над датчиком у ланцюг блокування надійде сигнал на заборону роботи РТК і пуску преса. За допомогою системи керування РТК здійснює електричний зв'язок між роботом, пресом і всіма допоміжними пристроями. Система керування являє собою стаціонарний блок-стійку, на якій розташовані блок системи зовнішньої інформації, блок керування і пульт керування.

У комплекс входять також відкатний пристрій 10, блоки 13 керування пресами, тара 4 і пристрій 8 керування робота типу УЦМ-30.

6. Хід роботи

1. Вивчити принцип роботи і будову промислового робота «Циклон-5» використовуючи опис і реальну конструкцію. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора.
2. Вивчити принцип роботи і конструкцію приводів лінійного переміщення виконавчого органу промислового робота «Циклон-5». Звернути увагу на розташування демпферів, вивчити конструкції дроселів і спосіб їх регулювання.
3. Вивчити принцип роботи і конструкцію механізмів підйому і повороту виконавчого органу промислового робота «Циклон-5».
4. Вивчити конструкцію захоплюючого пристрою, використовуючи креслення і реальну конструкцію.
5. При відсутності подачі повітря в пневмосхему оцінити вручну рухомість виконавчого органу робота при висуненні і повороті, зусилля руху з початкового положення.
6. Схематично зарисувати компоувальну схему ПР.
7. Визначити кількість степеней рухомості промислового робота і встановити в якій системі координат він працює.
8. Зобразити на компоувальній схемі робочу зону промислового робота і вказати її розміри. Для визначення розмірів робочої зони необхідно зробити заміри величин лінійного і кутового переміщення рухомих ланок промислового робота.
9. Зобразити кінематичну схему промислового робота. На кінематичній схемі зобразити місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв.
10. Вивчити послідовність роботи окремих елементів ПР. Зобразити алгоритм

роботи РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5» (див. п. 5 і рис. 10), для цього: сформулювати функції, виконувані кожним елементом РТК; скласти перелік контрольних функцій; скласти перелік позациклових функцій; побудувати алгоритм функціонування РТК (див. додаток А).

11. Оцінити час необхідний на виконання робочих рухів окремих ланок ПР (див. табл. 1). Зобразити циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей, приймаючи час штампування деталі кожним пресом рівним 2 с.
12. Обчислити продуктивність РТК холодного листового штампування деталей.

7. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

1. Основні відомості про ПР «Циклон-5»;
2. Висновки по пунктах 1...5, 7 ходу роботи;
3. Компонувальну схему ПР на якій повинна бути зображена його робоча зона та вказані її розміри;
4. Кінематичну схему промислового робота, на якій повинні бути зображені місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв;
5. Компонувальну схему РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5».
6. Алгоритм та циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей.

8. Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості пневмоприводів лінійного і обертового руху виконавчого пристрою робота «Циклон-5».
2. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості гідравлічних демпферів для амортизації поступальних і обертових рухів виконавчого пристрою промислового робота.
3. Вказати способи регулювання швидкості руху ланок пневматичних приводів промислового робота.
4. Вказати негативні фактори, які впливають на роботу ПР викликані недостатнім демпфуванням руху виконавчого пристрою робота.
5. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості давачів кінцевого положення виконавчих елементів промислового робота.
6. Обґрунтувати у яких технологічних процесах допускається застосування циклових роботів.
7. Які ви знаєте методи оптимізації розміщення обладнання у виробничих системах? Дайте їм порівняльну характеристику.
8. Приведіть постановку задачі оптимізації розміщення обладнання на ділянці

гнучкого виробництва як квадратичну задачу про призначення.

9. Приведіть перелік техніко-економічних показників, що можуть бути використані в якості цільової функції розміщення обладнання.
10. У чому суть ітеративного методу оптимізації компоновочних рішень ГВС?
11. У чому полягає метод попарних перестановок? Які типи перестановок ви знаєте?
12. Які ви знаєте засоби виміру відстаней між розміщуваними об'єктами?
13. Для чого розробляють алгоритм функціонування РТК?
14. Склад і послідовність робіт по алгоритмізації.
15. З яких елементів складається принципова схема алгоритму управління?

ЛІТЕРАТУРА

1. Белянин П.Н. Робототехнические системы для машиностроения. – М.: Машиностроение, 1986. – 252 с.
2. Гавриш А.П., Воронец Б.М. Робототизированные механообрабатывающие комплексы машиностроительного производства. – К.: Техніка, 1984. – 199с.
3. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 407 с.
4. Гибкие автоматизированные производственные системы / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач и др.; Под ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Техніка, 1985. – 280с.
5. Микроконтроллер программированный МКП-1. – Могилев: Областная типография им. Свердлова, 1987. – 110 с.
6. Попов Е.П. Робототехника и гибкие производственные системы. – М.: Наука, 1987. – 190 с.
7. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства: Опыт разработки и внедрения / Под ред. Е.И. Юревича. – Л.: Лениздат, 1984. – 223 с.
8. И.П. Макарова. – М.: Высшая школа, 1986.
9. Системы управления промышленными роботами и манипуляторами / Юревич Е.И., Андрианов Ю.Д., Новаченко С.И. и др. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980.
10. Управляющие системы промышленных роботов / Андрианов Ю.Д., Глейзер Л.Я., Игнатъев М.Б. и др. – М.: Машиностроение, 1984.
11. Юревич Е.И. и др. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства. – Л.: Лениздат, 1985. – 223 с.
12. Ямпольский Л.С. і ін. Елементи робототехнічних пристроїв і модулі ГВС. – К.: Вища школа, 1992. – 432 с.
13. Устройство прмышленных роботов / Юревич Е.И., Аветиков Б.Г., Корытко О.Б. и др. – Л.: Машиностроение, 1980.
14. Системы управления промышленными роботами и манипуляторами / Юревич Е.И., Андрианов Ю.Д., Новаченко С.И. и др. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980.
15. Управляющие системы промышленных роботов / Андрианов Ю.Д., Глейзер Л.Я., Игнатъев М.Б. и др. – М.: Машиностроение, 1984.